

P-ISSN : 2356-1297
E-ISSN : 2528-7222

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**

Journal of Industrial and Beverage Crops

Volume 8, Nomor 1, Maret 2021

Terakreditasi DIKTI No.30/E/KPT/2018
Tanggal 24 Oktober 2018



BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
Indonesian Agency for Agricultural Research and Development
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERKEBUNAN
Indonesian Center for Estate Crops Research and Development
Bogor, Indonesia

Jurnal **TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR** Journal of Industrial and Beverage Crops

Dahulu **Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri**, terbit pertama kali tahun 2008 memuat karya tulis ilmiah hasil penelitian dan tinjauan hasil penelitian tentang tanaman rempah dan industri.

Sejak tahun 2014 berganti nama menjadi **Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar** yang melaporkan hasil penelitian tanaman industri dan penyegar yang belum pernah dipublikasikan.

Terbit tiga nomor dalam setahun, setiap bulan Maret, Juli, dan November.

Volume 8, Nomor 1, Maret 2021

Terakreditasi DIKTI No.30/E/KPT/2018

Tanggal 24 Oktober 2018

PENANGGUNG JAWAB

Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan

DEWAN EDITOR

Ketua

Ir. Edi Wardiana, M.Si. - Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Agronomi)

Anggota

Dr. Tri Joko Santoso, SP, M.Si. - Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Biologi Molekuler/Pemuliaan)

Dr. Ir. Rr. Sri Hartati, MP. - Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan (Pemuliaan)

Dr. Ir. Samsudin, M.Si. - Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Entomologi)

Dr. Rr. Kurnia Dewi Sasmita, SP, M.Si. - Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Ilmu Tanah)

Dr. Rita Harni, M.Si. - Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Fitopatologi)

Nur Kholilatul Izzah, SP, MP, Ph.D. - Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Biologi Molekuler/Pemuliaan)

EDITOR PELAKSANA

Eko Heri Purwanto, S.TP, M.Sc. - Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar

Arifa Nofriyaldi Chan - Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar

Intan Nurhayati, S.Sos. - Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar

Dewi Nur Rokhmah, SP, M.Sc. - Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar

Khaerati, S.Si., M.Si. - Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar

Elsera Br. Tarigan, S.Si., M.Si. - Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar

Alamat Redaksi

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar

Jl. Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357

Telp. (0266) 6542181 Faks. (0266) 6542087

e-mail: balittri@litbang.pertanian.go.id

<http://balittri.litbang.pertanian.go.id>

Sumber Dana

DIPA 2021 Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar

PENERBIT

Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan

MITRA BESTARI

JURNAL TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR

1. **Prof. Dr. Ir. Sudarsono, M.Sc.**
Institut Pertanian Bogor
Biologi Molekuler/Pemuliaan
2. **Prof. Dr. Ir. Sutrisno, M.Agr.**
Institut Pertanian Bogor
Pascapanen Pertanian
3. **Dr. Amzul Rifin, S.P., M.A.**
Institut Pertanian Bogor
Agribisnis
4. **Dr. Ir. Ade Wachjar, M.S.**
Institut Pertanian Bogor
Agronomi
5. **Dr. Ir. Taryono, M.Sc.**
Universitas Gadjah Mada
Genetika dan Biologi Molekuler
6. **Ir. Arifin Noor Sugiharto, M.Sc, Ph.D.**
Universitas Brawijaya
Pemuliaan
7. **Dr. Hagus Tarno, Agr. Sc.**
Universitas Brawijaya
Entomologi
8. **Prof. Ir. I. G. A. Mas Sri Agung, M.Rur.Sc, Ph.D.**
Universitas Udayana
Ekofisiologi
9. **Prof. (R). Dr. Ika Mariska Soedharma**
Masyarakat Kelapa Sawit Indonesia
Bioteknologi Pertanian
10. **Dr. Ir. Isroi, M.Si.**
Pusat Penelitian Bioteknologi dan Bioindustri
Indonesia
Bioteknologi Pertanian
11. **Prof. (R). Dr. Supriadi, M.Sc.**
Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Fitopatologi
12. **Prof. (R). Dr. Elna Karmawati, M.S.**
Pusat Penelitian dan Pengembangan
Perkebunan
Entomologi
13. **Prof. (R). Dr. Ir. I Wayan Rusastra, M.S.**
Pusat Sosial Ekonomi dan Analisis Kebijakan
Agroekonomi
14. **Puji Lestari, SP, M.Si, Ph.D.**
Balai Besar Litbang Bioteknologi & SDG
Pertanian
Biologi Molekuler
15. **Prof. (R). Dr. Ir. Rubiyo, M.Si.**
Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan
Teknologi Pertanian
Agronomi
16. **Prof. (R). Dr. Ir. Risfaheri, M.Si.**
Balai Besar Pascapanen
Pascapanen Pertanian
17. **Dr. Ir. Agus Wahyudi, M.S.**
Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Agroekonomi
18. **Dr. Ir. Oti Rostiana, M.Sc**
Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Pemuliaan Tanaman
19. **Prof. Dr. Ir. Jajang Sauman Hamdani, MS**
Universitas Padjadjaran
Budidaya Pertanian
20. **Dr. Caspar Chater**
Instituto de Biotecnologia de la UNAM
Genetika dan Biologi Molekuler
21. **Dr. Ir. Maswar, M. Agric. Sc.**
Balai Penelitian Tanah
Hidrologi dan Konservasi Tanah
22. **Prof. (R). Dr. Ir. Joni Munarso, M.S.**
Balai Besar Penelitian dan Pengembangan
Pasca Panen Pertanian
Teknologi Pascapanen

23. **Kuntoro Boga Andri, SP, M.Agr., Ph.D**
Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian
Agroekonomi
24. **Prof. (R). Dr. Ir. I. Djatnika, MS**
Balai Penelitian Tanaman Hias
Fitopatologi
25. **Prof. (R) Dr. Ir. Nur Richana, M.Si**
Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pasca
Panen Pertanian
Teknologi Pascapanen
26. **Prof. (R). Dr. Dra. Endang Gati Lestari, M.Si.**
Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan
Sumberdaya Genetik Pertanian
Bioteknologi Pertanian
27. **Prof (R). Dr. Ir. Hengky Novarianto, MS**
Balai Penelitian Tanaman Palma
Pemuliaan dan Genetika Tanaman
28. **Ir. Octivia Trisilawati, M.Sc**
Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Budidaya Tanaman
29. **Prof. (R).Ir. Bambang Heliyanto, M.Sc., Ph.D**
Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat
Pemuliaan dan Genetika Tanaman
30. **Dr. Ir. Yulia Pujiharti, M.Si.**
Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Lampung
Sistem Usaha Pertanian
31. **Dr. Ir. Joko Pitono**
Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Budidaya Tanaman
32. **Riza Arief Putranto, Ph.D**
Pusat Penelitian Bioteknologi dan Bioindustri
Indonesia
Budidaya Tanaman
33. **Dr. Ir. Dono Wahyuno**
Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Fitopatologi
34. **Prof. (R). Ir. Nurindah, Ph.D.**
Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat
Entomologi
35. **Dr. Ir. Muchamad Yusron, M.PHIL**
Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Banten
Budidaya Tanaman
36. **Prof. (R). Dr. Ir. Fahmuddin Agus, M.Sc**
Balai Penelitian Tanah
Konservasi Tanah dan Air
37. **Reflinur, SP., MSi., Ph.D**
Balai Besar Penelitian dan Pengembangan
Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik
Bioteknologi
38. **Dr. Ir. Nurliani Bermawie**
Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Pemuliaan Tanaman
39. **Dr. Ir. I Ketut Ardana, M.Si**
Pusat Penelitian dan Pengembangan
Perkebunan
Sosial Ekonomi Pertanian
40. **Dr. Ika Roostika Tambunan, S.P.,b M.Si**
Balai Besar Penelitian dan Pengembangan
Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik
Bioteknologi Pertanian
41. **Dr. Dra. Dwinita Wikan Utami, M.Si.**
Balai Besar Penelitian dan Pengembangan
Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik
Bioteknologi Pertanian
42. **Dr. Chaireni Martasari, SP. M.Si**
Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah
Subtropika
Pemuliaan Tanaman dan Bioteknologi
43. **Dr. Drs. Iwa Mara Trisawa, M.Si**
Pusat Penelitian dan Pengembangan
Perkebunan
Entomologi
44. **Afik Hardanto, S.TP., M.Sc., PhD**
Universitas Jenderal Soedirman
Teknik Pertanian

PENGANTAR EDITOR

Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar sebagai media komunikasi penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, menyajikan hasil-hasil penelitian di bidang pemuliaan dan bioteknologi, agronomi, fisiologi, ekologi, entomologi, fitopatologi serta sistem dan usaha agribisnis tanaman industri dan penyegar.

Volume 8 Nomor 1 Tahun 2021 ini menyajikan 5 artikel: 2 artikel kopi di bidang teknologi pasca panen, 1 artikel kopi di bidang agronomi, 1 artikel kopi di bidang proteksi tanaman, serta 1 artikel kakao di bidang proteksi tanaman.

Semoga Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar ini dapat memberikan sumbangan yang nyata bagi pengembangan ilmu pengetahuan serta teknologi di bidang perkebunan.

Ketua Dewan Editor

P-ISSN: 2356-1297

E-ISSN: 2528-7222

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops

Volume 8, Nomor 1, Maret 2021

- | | |
|--|-------|
| Efektivitas Minyak Cengkeh, Nimba dan Kemiri Sunan, serta Ekstrak Babadotan Terhadap Penyakit Karat Daun Kopi (<i>Hemileia vastatrix</i>)
(Efi Taufiq, Gusti Indriati, Rita Harni, Dibyo Pranowo) | 1-8 |
| Emisi Gas Rumah Kaca dan Cadangan Karbon pada Perkebunan Kopi Organik dan Konvensional di Kabupaten Badung, Bali
(Ika Ferry Yuniati, I.D.A Yona Aprianthina, Rina Kartikawati, Eni Yulianingsih) | 9-18 |
| Peningkatan Mutu dan Keekonomian Kopi Arabika Melalui Penyangraian Kompleks
(Muhammad Rifqi Maulid, Eko Heri Purwanto, Efri Mardawati, Budi Mandra Harahap, Saefudin Saefudin) | 19-36 |
| Pengujian Umur Simpan Kopi Arabika Bubuk Pada Jenis Kemasan dan Suhu Simpan Yang Berbeda
(Elsera Br Tarigan, Edi Wardiana, Handi Supriadi) | 37-48 |
| Patogen Penyakit Busuk Buah Kakao: Karakter dan Patogenisitas <i>Phytophthora palmivora</i> Isolat Asal Pakuwon, Sukabumi
(Wartono, Efi Taufiq) | 49-58 |

PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERKEBUNAN
Indonesian Center for Estate Crops Research and Development
Bogor, Indonesia

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
 DAN PENYEGAR**
 Journal of Industrial and Beverage Crops
 Volume 8, Nomor 1, Maret 2021

**EFEKTIVITAS MINYAK CENGKEH, NIMBA DAN KEMIRI SUNAN, SERTA
 EKSTRAK BABADOTAN TERHADAP PENYAKIT KARAT DAUN KOPI
 (*Hemileia vastatrix*)**

**EFFECTIVENESS OF CLOVE, NEEM AND Reutealis trisperma OILS, AND Ageratum conyzoides
 EXTRACT ON COFFEE LEAF RUST DISEASE (*Hemileia vastatrix*)**

* Efi Taufiq, Gusti Indriati, Rita Harni, Dibyo Pranowo

¹⁾ **Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar**

Jalan Raya Pakuwon Km 2, Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia

* efitaufig@gmail.com

(Tanggal diterima: 30 April 2020, direvisi: 21 Januari 2021, disetujui terbit: 30 Maret 2021)

ABSTRAK

Penyakit karat daun (*Hemileia vastatrix*) umumnya dikendalikan menggunakan fungisida sistetik. Minyak dan ekstrak tanaman diharapkan dapat mengurangi patogen. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui efektivitas minyak cengkeh, kemiri sunan, nimba dan ekstrak babadotan terhadap penyakit karat daun (*H. vastatrix*). Penelitian dilakukan di laboratorium dan rumah kaca Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar serta kebun petani kopi di Garut, Jawa Barat dari bulan Januari sampai Desember 2018. Uji efektivitas minyak dan ekstrak tanaman dilakukan *in vitro* dan rumah kaca. Uji *in vitro* dilakukan untuk melihat daya hambat minyak dan ekstrak terhadap perkecambahan urediniospora *H. vastatrix*. Konsentrasi ekstrak dan minyak yang diuji adalah: 0 (air steril), 250, 500, 1.000, 1.500, 3.000, dan 5.000 ppm. Uji di rumah kaca dilakukan pada benih kopi Arabika menggunakan rancangan acak lengkap dengan 5 ulangan. Perlakuan yang diuji adalah konsentrasi minyak nimba, kemiri sunan, dan ekstrak babadotan (1.000, 2.500 dan 5.000 ppm) dan Mankozeb (kontrol positif, 2000 ppm). Pengamatan dilakukan terhadap jumlah bercak, intensitas serangan dan pertumbuhan tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi terbaik untuk minyak cengkeh, babadotan, nimba dan kemiri sunan dalam menekan perkecambahan urediniospora adalah 500 ppm, 3000 ppm, 5000 ppm. Ekstrak babadotan dan minyak cengkeh efektif menekan infeksi *H. vastatrix* sebesar 75,99 % dan 64,00% pada daun kopi, tidak berbeda nyata dengan fungisida sintetik (68,00%).

Kata kunci: Fungisida nabati; karat daun; kopi; urediniospora

ABSTRACT

Leaf rust disease (*Hemileia vastatrix*) is commonly controlled using synthetic fungicides. Plant oils and extracts are expected to reduce the pathogen. The research aimed to determine the effectiveness of clove, Reutealis trisperma, and neem oils, and Ageratum conyzoides extract against *H. vastatrix*. The study was conducted in the laboratory and greenhouse of the Indonesian Industrial and Beverage Crops Research Institute and smallholder coffee plantation in Garut, West Java, from January to December 2018. The A. conyzoides were extracted in the laboratories. Plant oils and extract's effectiveness was tested *in vitro* against the germination of urediniospore and in a greenhouse to inhibit disease development. The *in vitro* experiment were evaluated the eight concentrations of extract and oil were: 0 (steril water), 250, 500, 1000, 1500, 3000, and 5000 ppm. Whereas, in the greenhouse experiments used three concentrations of 1000, 2500, and 5000 ppm of the extract and oil, and 2000 ppm of Mankozeb (positive control). The greenhouse test was carried out on Arabica coffee plants, completely randomized design and five replications. The number of spots, disease intensity, and plant growth were examined periodically. The results showed that all of the the extract and oil inhibited the urediniospores germination, and the most effective concentrations were 500 ppm, 3000 ppm, and 5000 ppm. A. conyzoides extract, and clove oil effectively suppressed the infection of *H. vastatrix* by 75.99% and 64.00%, respectively, and comparable to the synthetic fungicide (68.00%).

Keywords: Botanical fungicides; coffee; leaf rust; urediniospore

PENDAHULUAN

Penyakit karat daun kopi yang disebabkan oleh jamur *Hemileia vastatrix* menyerang semua jenis kopi, Arabika (*Coffe arabica*), Robusta (*C. canephora*), dan Liberika (*C. liberica*) (Kilambo *et al.*, 2013; Harni *et al.*, 2015). Kehilangan hasil akibat penyakit ini di seluruh dunia mencapai 15-50% (Brown, *et.al.*, 1995). Di Indonesia, penyakit karat daun dilaporkan menyerang di 17 provinsi dengan luas serangan 7.153,77 Ha (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2015) dan dapat menurunkan produksi 20-70% (Budiani, Susanti, Mawardi, Santoso, & Siswanto, 2004). Luas serangan paling tinggi di Jawa Barat yaitu 1.823,52 Ha, selanjutnya Sulawesi Selatan 1.446,03 Ha dan Sumatera utara 1.076,55 Ha, daerah lainya yang dilaporkan terserang penyakit karat daun kopi adalah Jambi, Sumatera Selatan, Lampung, Jawa Tengah, Jawa Timur, Yogyakarta, Bali, Nusa Tenggara Barat, Kalimantan Selatan, Sulawesi Tengah, Sulawesi Barat, Sulawesi Tenggara, Maluku dan Papua Barat (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2015).

Infeksi *H.vastatrix* pada tanaman kopi menyebabkan daun tanaman gugur (tanaman menjadi gundul) fotosintesis berkurang, jumlah bunga dan biji yang terbentuk berkurang sehingga menurunkan produksi baik kualitas maupun kuantitas (Brown *et al.*, 1995; Pozza, 2008). Pengendalian penyakit karat daun harus ramah lingkungan karena kopi merupakan bahan baku untuk minuman dan makanan, harus bebas dari senyawa-senyawa yang berbahaya bagi kesehatan. Salah satu teknik pengendalian yang ramah lingkungan adalah penggunaan fungisida nabati.

Fungisida nabati seperti cengkeh, serai wangi, bawang putih, nimba, babadotan, sereh jawa dan mahoni telah diteliti potensinya untuk mengendalikan penyakit tanaman (Harni, Amaria Supriadi, 2013; Harni & Baharuddin, 2014; Nugraheni, *et al.*, 2014). Harni, *et al.* (2013) dan Harni & Baharuddin (2014) menggunakan minyak cengkeh dan serai wangi untuk mengendalikan penyakit busuk buah (*Phytophthora palmivora*) dan *Vascular Streak Dieback* (*Cerathobasidium theobromae*) pada tanaman kakao. Ranasinghe, Jayawardena & Abeywickrama (2002) menguji aktifitas fungisida dan fungistatik minyak cengkeh untuk mengendalikan *Colletotrichum musae*, dan Nugraheni, *et al.* (2014) menguji minyak serai wangi untuk mengendalikan *Colletotrichum gloeosporioides* pada buah apel. Selanjutnya Medice *et al.* (2007) menguji minyak nimba (*Azadirachta indica*) dan serai wangi (*Cymbopogon nardus*) terhadap urediniospora *Phakopsora pachyrhizi* karat daun kedelai, dan Harni, Taufik & Samsudin, (2018) menguji minyak cengkeh, seraiwangi, nimba, kemiri sunan dan ekstrak babadotan serta mahoni terhadap perkecambahan *H.*

vastatrix, dimana minyak dan ekstrak tersebut dapat menghambat perkecambahan urediniospora 49,8 - 84,75%.

Penelitian bertujuan untuk mengetahui efektivitas minyak cengkeh, kemiri sunan, nimba dan ekstrak babadotan terhadap *H. vastatrix* penyebab penyakit karat daun pada tanaman kopi.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Laboratorium dan Rumah Kaca Kelti Proteksi Tanaman Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar serta kebun petani kopi di Garut, Jawa Barat dari bulan Januari sampai Desember 2018.

Penyediaan Inokulum *H. vastratrix*

Urediniospora *H. vastatrix* diambil dari daun kopi yang terinfeksi secara alami di lapangan (Desa Cikandang, Kecamatan Cikajang, Kabupaten Garut, Jawa Barat, dengan ketinggian tempat 1.450 m dari permukaan laut (dpl), terletak pada posisi 7° 21' 34,4" S dan 107° 44' 57,6" E) pada kopi Arabika kultivar Ateng. Urediniospora diambil dengan kuas dan disimpan dalam tabung reaksi maksimal 48 jam sebelum digunakan. Untuk inokulasi, suspensi urediniospora dibuat dengan menambahkan 0,5 g urediniospora ke dalam 1 l air steril, kemudian ditambahkan 0,025% tween 80.

Ekstrak dan Minyak Tanaman

Ekstrak dan minyak nabati yang digunakan adalah minyak cengkeh, nimba, kemiri sunan, dan ekstrak babadotan. Minyak nimba dan cengkeh diperoleh dari Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat (Balitro) dan minyak kemiri sunan dari Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri). Ekstrak babadotan dibuat menggunakan metode (Soesanthy & Samsudin, 2014). Daun babadotan dikeringanginkan sampai kadar 15%, kemudian digiling sampai berbentuk serbuk. Selanjutnya serbuk diekstraksi dengan teknik maserasi (merendam serbuk dengan metanol, perbandingan 1:10 [w/v]), selama 24 jam. Selanjutnya filtrat dipisahkan dari pelarut menggunakan rotary evaporator (rotavapor) pada suhu 40-50 °C dan waterbath pada suhu 60-70 °C. Substrat hasil pengeringan ini disebut sebagai ekstrak kasar yang digunakan dalam pengujian.

Uji Efektivitas Minyak dan Ekstrak terhadap *H. vastatrix* In Vitro

Uji efektivitas secara *in vitro* dilakukan untuk mendapatkan konsentrasi yang efektif dari minyak dan ekstrak dalam menekan perkecambahan urediniospora *H. vastatrix*. Penelitian menggunakan rancangan acak

lengkap (RAL) dengan 5 ulangan. Perlakuan yang diuji adalah minyak cengkeh, nimba, kemiri sunan dan ekstrak babadotan pada konsentrasi 0 (air steril), 250, 500, 1000, 1500, 3000 dan 5000 ppm. Penelitian menggunakan metode Pereira *et al.*, (2012). Percobaan dilakukan di dalam cawan petri berdiameter 10 cm yang telah berisi medium agar air (WA) 2,0% (w/v). Minyak dan ekstrak (sesuai konsentrasi) ditambahkan ke dalam medium, saat suhu media sudah turun menjadi 40 °C. Selanjutnya 500 µL suspensi urediniospora dari *H. vastatrix* ditambahkan ke dalam medium dan disebar pada permukaan menggunakan spatula. Selanjutnya, cawan petri diinkubasi pada suhu 20 °C, dalam gelap selama 48 jam. Setelah inkubasi, pengecambahan dihentikan dengan menambahkan 4 tetes larutan *lactoglycerol*. Pengamatan dilakukan terhadap persentase urediniospora jamur yang berkecambah, menggunakan mikroskop. Selanjutnya dihitung jumlah urediniospora yang berkecambah (%) dan daya hambat dari minyak dan ekstrak terhadap perkecambahan urediniospora.

Uji Efektivitas Minyak dan Ekstrak terhadap *H. vastatrix* di Rumah Kaca

Pengujian dilakukan pada benih kopi Arabika kultivar Ateng yang rentan terhadap penyakit karat daun. Benih kopi berumur 8 bulan diberlakukan dengan minyak (cengkeh, nimba, kemiri sunan) dan ekstrak (babadotan) sesuai konsentrasi yang diuji yaitu 1000, 2500 dan 5000 ppm (berdasarkan hasil uji *in vitro*) dengan cara menyemprotkan suspensi pada seluruh permukaan daun. Sebagai pembanding digunakan juga fungisida sintetik berbahan aktif Mancozeb dengan konsentrasi 2ml/liter air. Setelah benih kopi diberi perlakuan minyak dan ekstrak tanaman, selanjutnya di inokulasi dengan *H. vastatrix*. Inokulasi dilakukan pada sore hari dengan menggunakan mikropipet. Satu tetesan sekitar 25µl diinokulasikan dipermukaan daun bagian bawah dari daun ke tiga dan ke empat dari atas (daun muda). Setelah inokulasi, benih diinkubasi dalam keadaan gelap selama 48 jam sebelum ditempatkan dalam rumah kaca. Parameter yang diamati adalah jumlah bercak dan intensitas serangan. Intensitas serangan dihitung menggunakan skala 0 sampai 9 menurut (Esques & Braghini, 1981). Rancangan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) dengan 5 ulangan, masing-masing perlakuan 10 tanaman. Intensitas serangan dihitung dengan rumus:

$$I = \frac{\sum (n_i \times i)}{(N \times V)} \times 100\%$$

Keterangan :

I = intensitas serangan

n_i = jumlah daun dengan skor serangan ke-i

i = skor daun terserang

V = nilai skor dari kategori serangan tertinggi

N = jumlah daun yang diamati

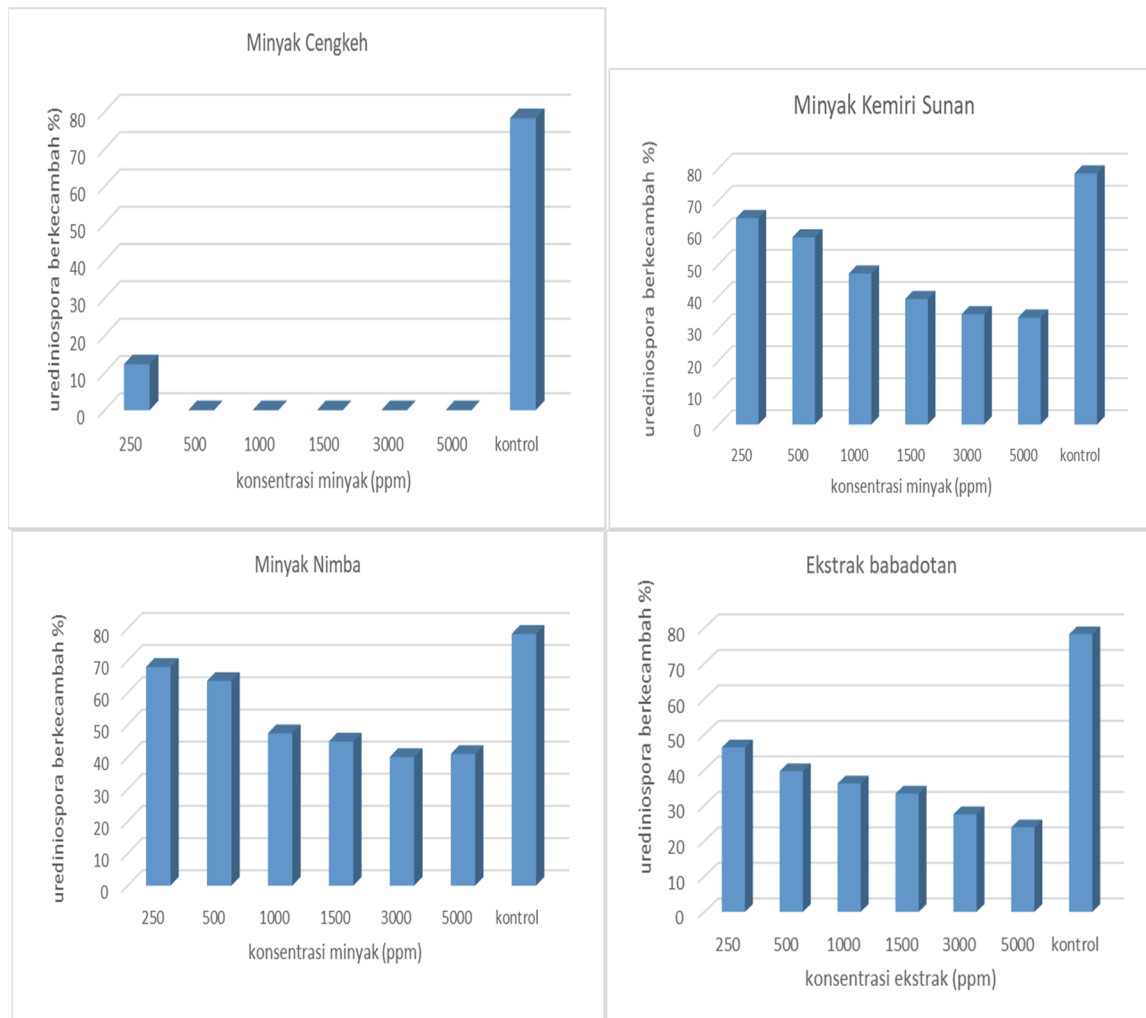
Analisis Data

Untuk menguji pengaruh perlakuan terhadap peubah yang diamati, dilakukan analisis ragam dan apabila terdapat perbedaan dilanjutkan dengan uji *Tukey* pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Efektivitas Minyak dan Ekstrak terhadap *H. vastatrix* *In Vitro*

Hasil uji efektivitas minyak dan ekstrak (cengkeh, nimba, kemiri sunan dan babadotan) terhadap perkecambahan urediniospora *H. vastatrix* di laboratorium, semua minyak dan ekstrak dapat mencegah perkecambahan urediniospora dibanding kontrol (Gambar 1). Daya hambat dari masing-masing minyak dan ekstrak terhadap perkecambahan urediniospora *H. vastatrix* bervariasi. Minyak cengkeh memberikan pengaruh yang sangat nyata dibanding dengan minyak dan ekstrak yang lain. Pada konsentrasi 250 ppm jumlah urediniospora yang berkecambah adalah 12,33%, tidak berbeda nyata dengan konsentrasi 500 - 5000 ppm yaitu 0% (tidak ada yang berkecambah). Selanjutnya perlakuan ekstrak babadotan juga memberikan pengaruh yang cukup tinggi dalam menekan perkecambahan urediniospora *H. vastatrix*. Pada konsentrasi 250 ppm jumlah urediniospora yang berkecambah 46,33% tidak berbeda nyata dengan konsentrasi 500 dan 1000 ppm tetapi berbeda nyata dengan konsentrasi 1500, 3000 dan 5000 ppm yaitu 33,33%; 27,50% dan 23,81%. Untuk perlakuan minyak nimba dan kemiri sunan, pengaruhnya tidak berbeda nyata, jumlah urediniospora yang berkecambah yaitu 70,00%-40,91% dan 68,00%-33,33%. Hal tersebut terjadi diduga karena adanya kandungan bahan aktif yang terdapat dalam ekstrak atau minyak bersifat fungisida. Pada cengkeh terdapat eugenol (Pereira, Lucas, Perina, & Alves, 2012; Harni *et al.*, 2014), nimba mengandung azadirachtin (Facknath, 2018), kemiri sunan mengandung α -*elaostearic acid* (Soesanthi & Samsudin, 2014), babadotan mengandung senyawa saponin, flavanoid dan polifenol (Asmaliyah, Utami, Mulyadi, & Yudhistira, 2010), senyawa-senyawa tersebut bersifat fungisida yang menghambat perkecambahan urediniospora *H. vastatrix*.



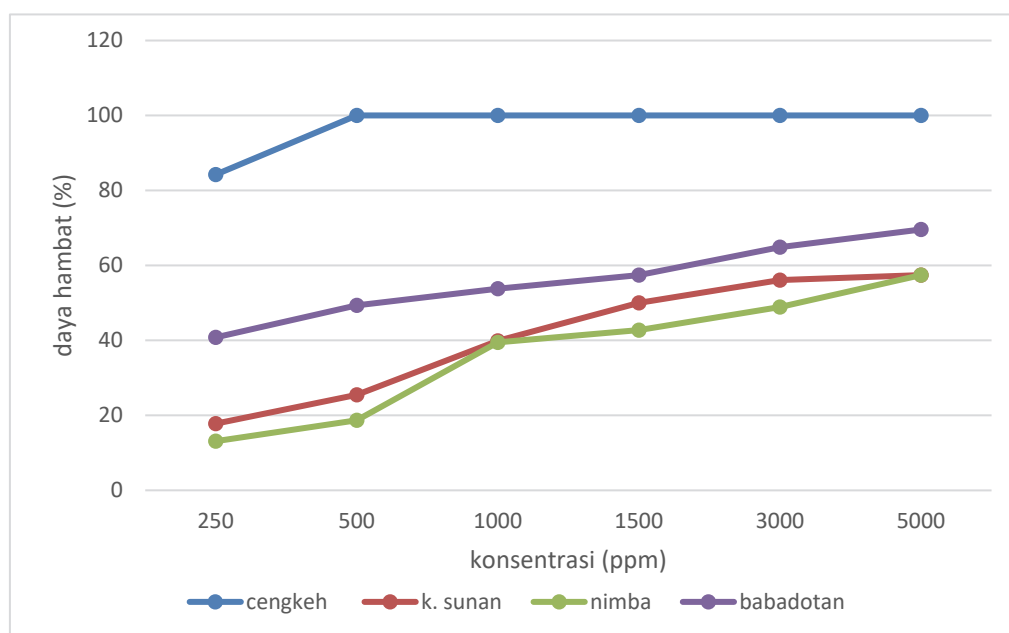
Gambar 1. Efektivitas minyak cengkeh, nimba, kemiri sunan dan ekstrak babadotan terhadap perkecambahan urediniospora *H. vastatrix*

Figure 1. The effectiveness of clove, neem, R. trispermae oils and A. conizoides extract on the urediniospora *H. vastatrix* germination

Daya hambat masing-masing minyak dan ekstrak (cengkeh, nimba, kemiri sunan dan babadotan) terhadap perkecambahan urediniospora *H. vastatrix* juga bervariasi (Gambar 2). Daya hambat tertinggi pada perlakuan minyak cengkeh yaitu 100%, selanjutnya ekstrak babadotan 69,58% , minyak nimba 57,41% dan kemiri sunan 57,41%. Daya hambat semakin meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi yang diuji. Perlakuan minyak cengkeh pada konsentrasi 250 ppm memberikan daya hambat 84,24%, dan mencapai 100% pada konsentrasi 500 ppm sedangkan pada perlakuan babadotan daya hambat pada konsentrasi 250 ppm adalah 40,80% dan terus meningkat pada konsentrasi 500, 1000, 1500, 3000 dan 5000 ppm, berturut-turut 49,34%; 53,78%; 57,41%; 64,86% dan 69,58%. sedangkan pada minyak nimba dan kemiri sunan daya

hambat masing-masingnya adalah 13,11-57,41% dan 17,80-57,41% (Gambar 2).

Hasil yang diperoleh hampir sama dengan yang dilaporkan Harni *et al.* (2018) bahwa minyak cengkeh, nimba, kemiri sunan, serai wangi dan mahoni dapat menekan perkecambahan urediniospora *H. vastatrix*. Selanjutnya Pereira *et al.*, (2012) melaporkan bahwa minyak kayu manis, serai wangi, dan thyme dapat menghambat perkecambahan urediniospora *H. vastatrix* pada konsentrasi 1000 ppm, dengan DL50 (konsentrasi yang mampu menghambat perkecambahan urediniospora 50%) adalah 77,0 ppm, 116 ppm, dan 58,0 ppm. Minyak cengkeh secara total menghambat perkecambahan urediniospora mulai dari 1500 ppm, dengan DL50 175,0 ppm, sedangkan minyak nimba dan kayu putih dapat menghambat perkecambahan pada konsentrasi 2000 ppm, dengan DL50 845,0 ppm dan 935,0 ppm.



Gambar 2. Daya hambat minyak cengkeh, nimba, kemiri sunan dan ekstrak babadotan pada konsentrasi 250, 500, 1000, 1500, 3000 dan 5000 ppm terhadap perkecambahan urediniospora *H. vastatrix*

Figure 2. Inhibition of clove, neem, *R. trisperma* oils and *A. conizoides* extract in concentrations of 250, 500, 1000, 1500, 3000 and 5000 ppm on urediniospora *H. vastatrix* germination

Tabel 1. Pengaruh konsentrasi minyak kemiri sunan, cengkeh dan nimba serta ekstrak babadotan terhadap jumlah bercak dan intensitas serangan *H. vastatrix*

Table 1. Effect of *A. conizoides* extract, and clove, *R. trisperma* and neem oils concentration on the number of spots and attacks intensity of *H. vastatrix*

Perlakuan (ppm)	Jumlah bercak	Intensitas serangan (%)	Pengurangan intensitas serangan (%)
Kemiri sunan			
1.000	15,2 b	17,78 b	35,99
2.500	11,8 bc	15,56 b	43,99
5.000	7,4 cd	7,89 cd	71,60
Nimba			
1.000	10,8 bc	20,00 b	28,00
2.500	14,4 b	15,56 b	43,99
5.000	12,2 b	15,56 b	43,99
Babadotan			
1.000	8,2 cd	8,89 cd	68,00
2.500	8,2 cd	8,89 cd	68,00
5.000	6,4 d	6,67 d	75,99
Cengkeh			
1.000	15,8 b	12,11 bc	56,40
2.500	13,4 b	10,00 cd	64,00
5.000	9,3 c	10,00 cd	64,00
Mankozeb	9,2 c	8,89 cd	68,00
Kontrol	19,0 a	27,78 a	-

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Tukey taraf 5%

Notes : Numbers followed by the same letter in the same column are not significantly different according to Tukey test at 5% level

Efektivitas Minyak dan Ekstrak Tanaman terhadap *H. vastatrix* pada Benih Kopi di Rumah Kaca

Hasil pengamatan terhadap efektivitas minyak cengkeh, nimba, kemiri sunan dan ekstrak babadotan terhadap *H. vastatrix* pada benih kopi di rumah kaca terlihat pada Tabel 1. Semua perlakuan minyak cengkeh, kemiri sunan, nimba, dan ekstrak babadotan pada konsentrasi 1.000; 2.500 dan 5.000 ppm dapat menghambat infeksi *H. vastatrix* pada daun kopi dibanding dengan kontrol. Ekstrak babadotan memberikan pengaruh yang paling tinggi dalam menekan jumlah bercak dan intensitas serangan baik pada konsentrasi 1000; 2500; dan 5000 ppm. Jumlah bercak pada perlakuan ekstrak babadotan 1000 ppm adalah 8,2 bercak dengan intensitas serangan 8,89% tidak berbeda dengan 2.500 ppm yaitu 8,2 bercak dengan intensitas serangan 8,89%, sedangkan pada perlakuan 5.000 ppm, jumlah bercak 6,4 bercak dengan intensitas serangan 6,67%. Ekstrak babadotan pada konsentrasi 1.000; 2.500 dan 5.000 ppm dapat menekan intensitas serangan 68,00% - 75,99% tidak berbeda nyata antara perlakuan.

Pada minyak cengkeh perlakuan terbaik adalah konsentrasi 2500 ppm tidak berbeda nyata dengan 5000 ppm tetapi berbeda nyata dengan 1000 ppm untuk parameter intensitas serangan dengan penghambatan 56,40%-64,00%. Untuk minyak kemiri sunan perlakuan terbaik adalah 5000 ppm, dengan jumlah bercak 7,4, intensitas serangan 7,89%, berbeda sangat nyata dengan konsentrasi 1000 ppm dan 2500 ppm masing-masing 15,2 bercak dan 11,8 bercak dengan intensitas serangan 17,78% dan 15,56%. Sedangkan minyak nimba tidak memberikan pengaruh yang begitu nyata dalam menekan jumlah bercak dan intensitas serangan *H. vastatrix* pada daun kopi dibanding dengan ekstrak dan minyak yang lain. Jumlah bercak pada perlakuan nimba adalah 10,8 - 14,4 bercak dan intensitas serangan 15,56 % - 20,00%.

Rendahnya jumlah bercak pada perlakuan ekstrak dan minyak kemiri sunan, nimba, babadotan dan cengkeh dibanding dengan kontrol karena rusaknya morfologi hifa dari *H. vastatrix*. Rusaknya hifa menyebabkan penetrasi sel jamur ke dalam jaringan epidermis daun akan terganggu sehingga jumlah bercak yang muncul menjadi lebih rendah. Menurut Piper, Calderon, Hatzixanthis, & Mollapour (2001) minyak esensial dapat merusak morfologi dari hifa, membran plasma, mitokondria dan organel sel lainnya. Liu *et al.* (2009) mengamati spora dari *Geotrichum citri* yang diperlakukan dengan minyak thyme pada 200 uL/L mengakibatkan gangguan pada membran sitoplasma dan kerusakan mitokondria. De Billerbeck, Roques, Bessière, Fonvieille, & Dargent (2001) dan Helal,

Sarhan, Abu Shahla, & Abou El-Khair (2007) melaporkan bahwa dinding hifa dari *A. niger* dan *A. flavus*, hancur di beberapa sel setelah diperlakukan dengan minyak atsiri citronella. Selanjutnya Medice *et al.* (2007) melaporkan bahwa terjadi penurunan 35% sampai 62% intensitas serangan penyakit karat daun setelah diberi perlakuan minyak atsiri thyme, citronella, eucalyptus dan nimba, pada konsentrasi 300, 500, 1000 dan 3000 µl/l. Selanjutnya Pereira *et al.* (2012) melaporkan keefektifan minyak atsiri dalam mengendalikan *Cercospora* di rumah kaca. Minyak serai wangi pada 1000 µl/l menurunkan tingkat keparahan penyakit sebesar 43,08% dan 29,62% pada kultivar Catucai 2SL dan Mundo Novo 379/19, sedangkan minyak kayu manis pada 1000 µl/l mengurangi keparahan penyakit sebesar 58,28% pada kultivar Catucai IAC 62.

Hasil penelitian minyak cengkeh di rumah kaca sedikit menurun daya hambatnya dibandingkan dengan *in vitro*. Hasil *in vitro* minyak cengkeh dapat menghambat perkecambahan urediniospora *H. vastatrix* 100%, tetapi pada percobaan rumah kaca daya hambat minyak cengkeh menurun dibandingkan dengan ekstrak babadotan. Hal ini mungkin disebabkan oleh menguapnya bahan aktif karena minyak cengkeh termasuk minyak atsiri yang mudah menguap. Oleh karena itu perlu formulasi yang lebih efektif sehingga bahan aktif tidak berkurang saat diaplikasikan.

Hasil penelitian pengaruh minyak cengkeh, nimba dan kemiri sunan serta ekstrak babadotan terhadap pertumbuhan benih kopi, semua minyak dan ekstrak pada konsentrasi 1000, 2500 dan 5000 ppm tidak bersifat fitotoksik pada daun kopi, sehingga aman untuk digunakan. Pengamatan terhadap pertumbuhan tanaman (tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah cabang dan diameter batang), pemberian minyak dan ekstrak tidak memberikan efek negatif terhadap benih kopi dibanding dengan kontrol (Tabel 3). Perlakuan ekstrak dan minyak tanaman sangat nyata pengaruhnya terhadap jumlah daun kopi. Jumlah daun tertinggi pada perlakuan kemiri sunan konsentrasi 5.000 ppm yaitu 32,6 helai, selanjutnya babadotan 2.500 ppm, cengkeh 2.500 ppm masing-masing 29,4 dan 28,00 helai. Sedangkan untuk perlakuan lain adalah 18,4-27,00 helai dan pada kontrol 17,8 helai. Untuk tinggi tanaman, jumlah daun dan diameter batang perlakuan ekstrak dan minyak belum memperlihatkan pengaruh yang nyata antar perlakuan.

Tabel 3. Pengaruh dosis ekstrak babadotan, serta minyak kemiri sunan, cengkeh dan nimba terhadap pertumbuhan tanaman kopi
Table 3. Effect of *A. conyzoides* extracts, and *R. trisperma*, cloves and neem oils doses on the growth of coffee plants

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Diameter batang (cm)	Jumlah daun	Jumlah cabang
Kemirisunan				
1.000	43,6 a	0,8 a	18,4 c	3,2 a
2.500	44,3 a	0,7 ab	25,6 b	3,2 a
5.000	42,5 a	0,7 ab	32,6 a	4,6 a
Nimba				
1.000	43,5 a	0,7 ab	27,0 b	3,8 a
2.500	42,5 a	0,7 ab	26,6 b	3,4 a
5.000	44,2 a	0,7 ab	23,4 bc	2,4 ab
Babadotan				
1.000	42,7 a	0,9 a	21,2 bc	2,6 ab
2.500	43,0 a	0,7 ab	29,4 a	2,8 ab
5.000	45,2 a	0,7 ab	16,8 c	3,0 a
Cengkeh				
1.000	48,4 a	0,8 a	21,0 bc	2,2 ab
2.500	46,3 a	0,7 ab	28,0 a	3,6 a
5.000	41,6 a	0,7 ab	22,4 bc	2,6 ab
Mankozeb	32,7 b	0,5 b	18,0 c	2,2 ab
Kontrol	41,1 b	0,7 ab	17,8 c	1,8 b

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Tukey taraf 5%

Notes : Numbers followed by the same letter in the same column are not significantly different according to Tukey test at 5% level

KESIMPULAN

Minyak cengkeh, nimba, kemiri sunan dan ekstrak babadotan dapat menghambat perkecambahan urediniospora *H. vastatrix*. Konsentrasi terbaik untuk minyak cengkeh dalam menekan perkecambahan urediniospora adalah 500 ppm, ekstrak babadotan 3000 ppm, minyak nimba dan kemiri sunan 5.000 ppm, masing-masing dengan daya hambat 100%; 64,86%; 57,41% dan 57%. Ekstrak babadotan dan minyak cengkeh, efektif menekan infeksi *H. vastatrix* sebesar 75,99 % dan 64,00% pada daun kopi, sama dengan fungisida sintetik 68,00% di rumah kaca.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian yang telah mendanai kegiatan ini.

KONTRIBUSI PENULIS

1. Efi Taufiq (Kontributor utama)
2. Gusti Indriati (Kontributor anggota)
3. Rita Harni (Kontributor utama)
4. Dibyo Pranowo (Kontributor anggota)

DAFTAR PUSTAKA

- Asmaliyah, E. E. W. H., Utami, S., Mulyadi, K., & Yudhistira, F. W. S. (2010). Pengenalan tumbuhan penghasil pestisida nabati dan pemanfaatannya secara tradisional. In I. Anggraeni (Eds.). *Pusat Penelitian dan Pengembangan Produktivitas Hutan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Kementerian Kehutanan RI*.
- Brown, J. S., Whan, J. H., Kenny, M. K., & Merriman, P. R. (1995). The effect of coffee leaf rust on foliation and yield of coffee in Papua New Guinea. *Crop Protection*, 14(7), 589–592. [https://doi.org/10.1016/0261-2194\(95\)00040-2](https://doi.org/10.1016/0261-2194(95)00040-2)
- Budiani, A., Susanti, I., Mawardi, S., Santoso, D. ., & Siswanto. (2004). kopi Arabika (*Coffea arabica* L.) tahan dan rentan karat daun. *Menara Perkebunan*, 72(2), 57–71.
- De Billerbeck, V. G., Roques, C. G., Bessière, J. M., Fonvieille, J. L., & Dargent, R. (2001). Effects of *Cymbopogon nardus* (L.) W. Watson essential oil on the growth and morphogenesis of *Aspergillus niger*. *Canadian Journal of Microbiology*, 47(1), 9–17. <https://doi.org/10.1139/cjm-47-1-9>
- Eskes, A. B., & Braghini, M. . (1981). Assessment methods for resistance to coffee leaf rust (*Hemileia-vastatrix* Berk and Br). *Fao Plant Protection Bulletin*, 29(3–4), 56–66.

- Facknath, S. (2018). Neem, *Azadirachta indica*. In *African Indigenous Medical Knowledge and Human Health*. <https://doi.org/10.1201/b22167-6>
- Harni, R., Amaria, W., & Supriadi. (2013). Keefektifan beberapa formula fungisida nabati eugenol dan sitronella terhadap *Phytophthora palmivora* Bult. ksal kakao.. *Buletin RISTRI*, 4(1), 11–18. <https://doi.org/10.21082/jtidp.v4n1.2013.p11-18>
- Harni, R., & Baharuddin, B. (2014). Keefektifan minyak cengkeh, eeraai wangi, dan ekstrak bawang putih terhadap penyakit *Vascular Streak Dieback* (*Ceratobasidium theobromae*) pada kakao. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*. <https://doi.org/10.21082/jtidp.v1n3.2014.p167-174>
- Harni, R., Taufik, E., & Samsudin. (2018). Pengaruh minyak dan ekstrak tanaman terhadap perkecambahan uredospora dan intensitas serangan. *Hemileia vastatrix. Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*, 5, 67–76.
- Helal, G. E. D. A., Sarhan, M. M., Abu Shahla, A. N. K., & Abou El-Khair, E. K. (2007). Effects of *Cymbopogon citratus* L. essential oil on the growth, morphogenesis and aflatoxin production of *Aspergillus flavus* ML2-strain. *Journal of Basic Microbiology*, 47(1), 5–15. <https://doi.org/10.1002/jobm.200610137>
- Liu, X., Wang, L. P., Li, Y. C., Li, H. Y., Yu, T., & Zheng, X. D. (2009). Antifungal activity of thyme oil against *Geotrichum citri-aurantii* in vitro and in vivo. *Journal of Applied Microbiology*, 107(5), 1450–1456. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2009.04328.x>
- Medice, R., Alves, E., de Assis, R. T., Magno Júnior, R. G., & Lopes, E. A. G. L. (2007). Óleos essenciais no controle da ferrugem Asiática da soja *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd. *Ciencia e Agrotecnologia*, 31(1), 83–90. <https://doi.org/10.1590/s1413-70542007000100013>
- Nugraheni, A. S., Djauhari, S., Cholil, A., & Utomo, E. P. (2014). Potensi minyak atsiri serai wangi (*Cymbopogon winterianus*) sebagai fungisida nabati terhadap penyakit antraknosa (*Colletotrichum gloeosporioides*) pada buah apel (*Malus sylvestris* Mill). *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan*, 2(4), pp-92.
- Pereira, R. B., Lucas, G. C., Perina, F. J., & Alves, E. (2012). Essential oils for rust control on coffee plants. *Ciência e Agrotecnologia*, 36(1), 16–24. <https://doi.org/10.1590/s1413-70542012000100002>
- Piper, P., Calderon, C. O., Hatzixanthis, K., & Mollapour, M. (2001). Weak acid adaptation: The stress response that confers yeasts with resistance to organic acid food preservatives. *Microbiology*, 147(10), 2635–2642. <https://doi.org/10.1099/00221287-147-10-2635>
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. (2015). *Statistik Iklim, Organisme Pengganggu Tanaman dan Dampak Perubahan Iklim 2012-2015*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian.
- Ranasinghe, L., Jayawardena, B., & Abeywickrama, K. (2002). Fungicidal activity of essential oils of *Cinnamomum zeylanicum* (L.) and *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. against crown rot and anthracnose pathogens isolated from banana. *Letters in Applied Microbiology*, 35(3), 208–211. <https://doi.org/10.1046/j.1472-765X.2002.01165.x>
- Soesanthi, F., & Samsudin, S. (2014). Pengaruh beberapa jenis formula insektisida nabati untuk melindungi buah kakao dari serangan penggerek. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*, 1(2), 69. <https://doi.org/10.21082/jtidp.v1n2.2014.p69-78>

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops
Volume 8, Nomor 1, Maret 2021

**EMISI GAS RUMAH KACA DAN CADANGAN KARBON PADA PERKEBUNAN
KOPI ORGANIK DAN KONVENSIONAL DI KABUPATEN BADUNG, BALI**

***GREENHOUSE GAS EMISSIONS AND CARBON STOCK IN ORGANIC AND CONVENTIONAL
COFFEE PLANTATION AT BADUNG REGENCY, BALI***

* Ika Ferry Yunianti¹, I.D.A. Yona Aprianthina², Rina Kartikawati¹, Eni Yulianingsih¹

¹⁾ **Balai Penelitian Lingkungan Pertanian**

Jalan Raya Jakenan-Jaken Km. 05, Jaken, Pati, Jawa Tengah

²⁾ **Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Provinsi Bali**

Jalan Raya WR Supratman No.71 Denpasar, Bali

* ikkaferry@yahoo.co.id

(Tanggal diterima: 7 September 2020, direvisi: 25 Januari 2020, disetujui terbit: 30 Februari 2020)

ABSTRAK

Kopi merupakan komoditas penting dalam perekonomian nasional. Budidaya kopi saat ini dihadapkan pada ancaman perubahan iklim akibat peningkatan suhu rata-rata permukaan bumi. Perkebunan organik dinilai dapat meningkatkan produktivitas tanah dan tanaman, menurunkan emisi gas rumah kaca (GRK), dan meningkatkan serapan karbon secara efektif dibanding perkebunan konvensional. Tujuan penelitian adalah mengestimasi emisi GRK dan cadangan karbon pada perkebunan kopi organik dan konvensional di Kabupaten Badung, Provinsi Bali. Penelitian dilaksanakan di perkebunan kopi rakyat di Kabupaten Badung, Provinsi Bali, dan analisis dilakukan di Laboratorium Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Pati, Provinsi Jawa Tengah, pada bulan Juli 2018. Penelitian menggunakan metode survey dengan cara pengambilan contoh menggunakan metode *purposive sampling* di perkebunan kopi yang dikelola secara organik dan konvensional. Pengukuran emisi GRK dilakukan dengan metode *close chamber*, sedangkan pengukuran cadangan karbon dilakukan dengan metode *non destructive* untuk biomassa tanaman kopi dan penangung, dan *destructive* untuk biomassa tanaman bawah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perkebunan kopi organik dan konvensional masing-masing mengemisikan GRK 20,71 dan 39,75 ton CO₂e/ha, serta menyimpan karbon 248,27 dan 288,31 ton CO₂e/ha. Perbedaan emisi dan cadangan karbon antara lain disebabkan oleh perbedaan cara pengelolaan dan keragaman jenis tanaman. Peningkatan perbaikan sistem pengelolaan perkebunan kopi organik perlu diupayakan untuk mendukung penanganan dampak perubahan iklim di Provinsi Bali.

Kata kunci: Cadangan karbon; emisi gas rumah kaca; perkebunan kopi konvensional; perkebunan kopi organik

ABSTRACT

Coffee is a commodity that has an important role in the national economy. Currently, coffee cultivation is threatened by climate change caused by global warming due to increased green house gas (GHG) emissions. The organic plantation model is a farming model that is considered to increase soil and crop productivity, reduce GHG emissions, and increase carbon sequestration effectively. The study was aimed to estimate GHG emissions and carbon stocks in organic and conventional coffee plantations in Badung Regency, Bali Province and Laboratory in Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Pati, Jawa Tengah Province, in July 2018. The study was conducted in smallholder coffee plantations in Badung Regency and the analysis was carried out at Laboratory of Indonesian Agricultural Environment Research Institute. This study used a survey method, while the sampling used a purposive sampling method in organic and conventional coffee plantation. GHG emissions measurement was carried out with a close chamber method

by simultaneously the carbon stocks measurement was carried out with the non-destructive method for plant biomass and destructive for understorey. The results showed that organic and conventional coffee plantations emitted GHG by 20.71 and 39.75 ton CO₂e ha⁻¹ and stored carbon stock by 227.56 and 288.31 ton CO₂e ha⁻¹, respectively. The differences in GHG emissions and carbon stocks are partly due to differences in management system and the diversity of plant. The management system of the organic coffee plantation should be improved to support handling of the impacts of climate change in Bali Province.

Keywords: Carbon stock; conventional coffee plantation; greenhouse gas emission; organic coffee plantation

PENDAHULUAN

Fenomena perubahan iklim saat ini sedang menjadi perhatian serius masyarakat global, salah satu bukti nyata dari adanya perubahan iklim adalah terjadinya peningkatan suhu permukaan bumi. Peningkatan konsentrasi gas rumah kaca (GRK) di atmosfer merupakan salah satu penyebab terjadinya pemanasan global yang pada akhirnya akan berpengaruh terhadap perubahan iklim. Peningkatan emisi GRK terbesar dihasilkan dari sektor alih fungsi lahan dan kehutanan (53%), kemudian diikuti oleh sektor energi (33%), sektor pertanian (6%), dan pengelolaan limbah (5%) (KLHK, 2017). Sektor pertanian berkontribusi melepaskan GRK seperti karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), dan dinitrogen oksida (N₂O). Dalam konteks perubahan iklim, sektor pertanian mempunyai peran strategis karena sektor pertanian dapat berperan sebagai sumber sekaligus rosot GRK (Surmaini *et al.*, 2011). Sektor pertanian berkontribusi terhadap emisi GRK melalui berbagai praktek budidaya pertanian dan penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan kaidah konservasi. Akan tetapi, di sisi lain sektor pertanian juga berpotensi dalam mengurangi emisi GRK melalui upaya-upaya adaptasi dan mitigasi.

Tanaman kopi merupakan komoditas perkebunan yang memiliki peran penting bagi perekonomian nasional karena menyumbang devisa negara dari hasil ekspor ke berbagai negara. Luas areal perkebunan kopi di Indonesia pada tahun 2018 mencapai 1.241,5 ribu ha yang terdiri dari 47,9 ribu ha perkebunan kopi besar dan 1.193,6 ribu ton perkebunan kopi rakyat dengan total produksi 722,5 ribu ton (BPS, 2019). Bali merupakan provinsi yang mempunyai areal perkebunan kopi yang cukup luas, yaitu 35,2 ribu ha dengan total produksi 15,4 ribu ton (BPS Bali, 2019). Namun keberadaan dan pengembangan tanaman kopi di Bali saat ini dihadapkan pada berbagai kendala, diantaranya adalah ancaman perubahan iklim. Tanaman kopi sangat tergantung pada perubahan lingkungan (Cheserek & Gichimu, 2012), terutama oleh variasi fotoperiodik, distribusi curah hujan, dan suhu udara (de Camargo, 2010). Perubahan iklim dapat menyebabkan menurunnya kuantitas produksi dan kualitas biji kopi (Yuliasmara, 2019).

Penerapan sistem pertanian konvensional pada budidaya kopi dengan input pupuk anorganik, fungisida, herbisida, dan insektisida yang tinggi dapat memberikan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia (Noponen *et al.*, 2012). Pertanian organik memiliki efek lingkungan yang konservatif karena emisi karbonnya rendah (Trinh *et al.*, 2020). Menurut Wani *et al.* (2013), pertanian organik berpotensi dalam mengurangi emisi GRK dan meningkatkan serapan karbon dalam tanah melalui pemanfaatan bahan organik. Pemanfaatan bahan organik dalam jangka panjang berperan terhadap peningkatan simpanan karbon yang bersifat stabil yaitu dalam bentuk humus (Dariah, 2013). Budidaya tanaman kopi yang dapat menurunkan emisi GRK, mempertahankan kualitas lingkungan, dan meningkatkan produktivitas serta kualitas kopi secara berkelanjutan merupakan prioritas utama yang perlu dilakukan. Pengembangan sistem pertanian organik berbasis komoditas kopi di Bali sudah dilakukan petani sejak tahun 2014 melalui integrasi tanaman dan ternak. Setidaknya terdapat 18 kelompok tani yang sudah menerapkan sistem integrasi tanaman kopi dan ternak sapi dengan total luas lahan ± 550 ha. Sistem ini merupakan sistem tertutup agar karbon dapat dimanfaatkan secara efektif dan tidak terlepas ke atmosfer (Wihardjaka *et al.*, 2020). Tanaman menghasilkan hijauan untuk ternak, sedangkan ternak menghasilkan pupuk kandang yang dimanfaatkan sebagai pupuk organik. Bahan organik berperan menurunkan defisit kejenuhan air daun kopi hingga 10%, meningkatkan kadar air tanah 2,5%–4,7%, serta meningkatkan kuantitas buah kopi per pohon 24,26%–72,78% (Pujiyanto, 2011).

Tanaman dan tanah mempunyai peran yang sangat penting dalam perubahan iklim, yaitu sebagai penyimpan karbon. Tanaman menyerap gas CO₂ melalui proses fotosintesis kemudian menyimpannya dalam bentuk biomassa (Yunita, 2016). Tanah mengakumulasi karbon dalam jumlah yang lebih besar dibandingkan biomassa tanaman (Asbur & Ariyanti, 2017). Penerapan sistem pertanian organik melalui sistem integrasi tanaman dan ternak perlu dikembangkan mengingat teknologi ini bersifat spesifik lokasi sehingga mudah diadopsi oleh petani setempat, selain itu juga berpeluang dalam menurunkan emisi

GRK dan meningkatkan cadangan karbon tanpa menurunkan produktivitas tanaman. Penelitian bertujuan mengestimasi emisi GRK dan cadangan karbon pada perkebunan kopi organik dan konvensional di Kabupaten Badung, Provinsi Bali.

BAHAN DAN METODE

Pengukuran emisi GRK dan cadangan karbon dilaksanakan pada bulan Juli 2018 di perkebunan kopi rakyat yang berada di Desa Pelaga, Kecamatan Petang, Kabupaten Badung, Provinsi Bali (Gambar 1), sedangkan analisis contoh GRK dan biomassa tanaman dilaksanakan di Laboratorium Balai Penelitian Lingkungan Pertanian yang berada di Kabupaten Pati, Provinsi Jawa Tengah.

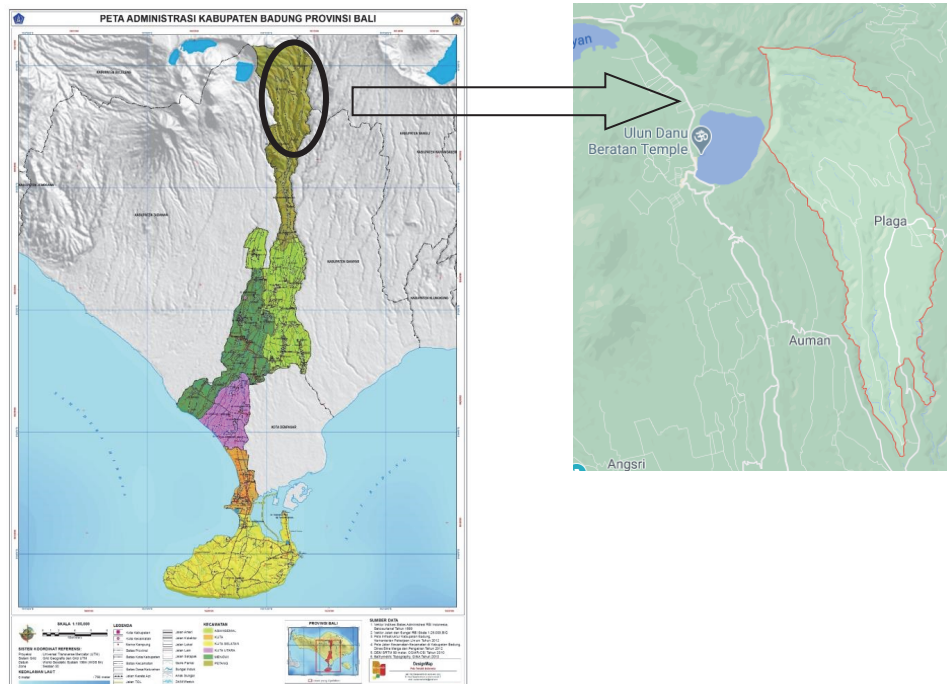
Desa Pelaga merupakan salah satu desa dengan luas perkebunan kopi terbesar di Kabupaten Badung, yaitu sekitar 6.301 ha dan produksinya sebesar 1.071 ton (BPS, 2018). Wilayah ini mempunyai topografi berupa perbukitan dengan ketinggian 500–1000 mdpl (di atas permukaan laut) dan tingkat kemiringan lereng 30%–70%. Jenis tanah yang terdapat di wilayah ini didominasi oleh Regosol dan Latosol dengan tingkat kesuburan yang cukup subur. Tanaman kopi yang dibudidayakan oleh petani adalah jenis kopi Arabika. Perkebunan kopi organik diusahakan oleh petani dengan cara memanfaatkan pupuk kandang dari kotoran ternak sapi sebagai bahan organik, sedangkan perkebunan kopi

konvensional diusahakan dengan masih menggunakan input pupuk anorganik. Tanaman penabung yang terdapat pada perkebunan kopi organik antara lain lamtoro dan duren, sedangkan tanaman penabung yang terdapat pada perkebunan kopi konvensional antara lain lamtoro, gamal dan pisang.

Penelitian ini menggunakan metode survei. Cara pengambilan contoh GRK dan biomassa tanaman dilakukan dengan metode *purposive sampling*, yaitu dengan menentukan satu lokasi perkebunan kopi organik dan satu lokasi perkebunan kopi konvensional milik petani yang masing-masing mempunyai luasan $\pm 1000 \text{ m}^2$. Pengambilan data dilakukan pada masing-masing perkebunan dengan cara membuat plot berukuran 40 m x 5 m, selanjutnya dalam plot tersebut ditentukan 6 titik secara acak untuk pengambilan contoh GRK dan biomassa tanaman.

Pengukuran Emisi Gas Rumah Kaca (GRK)

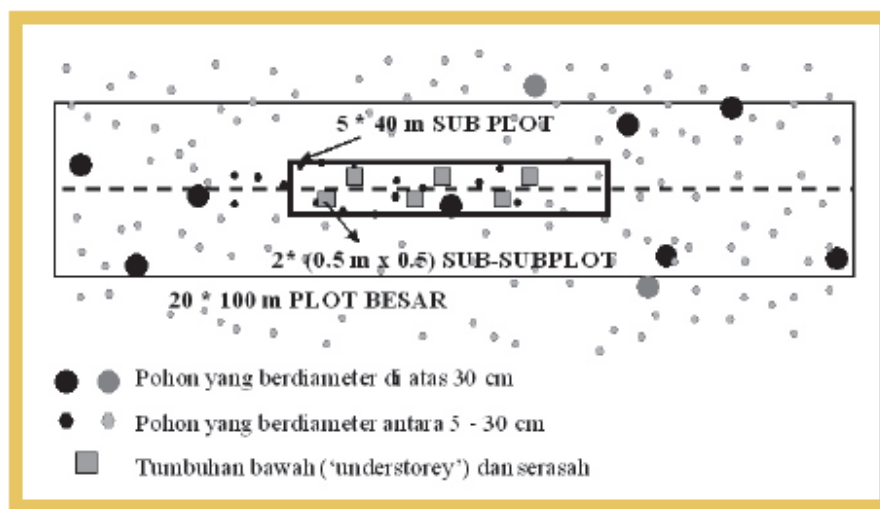
Alat yang digunakan untuk pengambilan contoh GRK antara lain sungkup tertutup (Gambar 2) dengan ukuran panjang, lebar, dan tinggi yaitu 40 cm x 20 cm x 20 cm, penampang sungkup, termometer, jarum suntik ukuran 20 ml, dan vial ukuran 10 ml. Alat yang digunakan untuk pengambilan contoh biomassa tanaman antara lain meteran, tali rafia, timbangan cangkuk, gunting tanaman, dan kantong plastik. Alat yang digunakan untuk analisis GRK adalah *Gas Chromatography* dan *CN Analyzer* untuk analisis total C dan N dari biomassa tanaman.



Gambar 1. Lokasi pengukuran gas rumah kaca dan cadangan karbon
Figure 1. Location for measuring greenhouse gases and carbon stocks



Gambar 2. Sungkup tertutup (kiri) dan penampang sungkup (kanan)
Figure 2. Close chamber (left) and the chamber base (right)



Gambar 3. Sub-plot contoh pengukuran
Figure 3. Sub-plot of measurement samples

Pengambilan contoh GRK dilakukan dengan metode sungkup tertutup atau *close chamber* (Minamikawa *et al.*, 2015). Penampang sungkup dipasang sehari sebelum pengambilan contoh GRK. Sampling GRK dilakukan sebanyak dua kali, yaitu pada tanggal 11 dan 16 Juli 2018. Pengambilan contoh GRK dilakukan pada pagi hari pukul 06.00-08.00 WITA dan siang hari pukul 12.00-14.00 WITA dengan interval waktu 10, 20, 30, 40, dan 50 menit. Contoh GRK selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk dilakukan analisis. Emisi GRK dihitung menggunakan persamaan (IAEA, 1992):

$$E = \frac{dc}{dt} \times \frac{V_{ch}}{A_{ch}} \times \frac{mW}{mV} \times \frac{273,2}{273,2+T} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

E = emisi GRK (mg/m²/hari)
dc/dt = perbedaan konsentrasi GRK per waktu (ppm/menit)

V_{ch} = volume sungkup (m³)
A_{ch} = luas dasar sungkup (m²)
mW = berat molekul GRK (g)
mV = tetapan volume molekul (22,41 l)
T = suhu rata-rata selama pengambilan contoh (°C).

Pengukuran Cadangan Karbon

Pengukuran cadangan karbon pada biomassa tanaman dilakukan melalui 3 tahap, yaitu pembuatan plot contoh pengukuran, pengukuran biomassa tanaman kopi dan penaung, dan pengukuran biomassa tumbuhan bawah (*understorey*). Pengukuran biomassa tanaman dilakukan dengan metode tanpa merusak tanaman (*non destructive*), yaitu dengan mencatat nama species tanaman dan mengukur diameter batang setinggi dada (*dbh*) atau ± 130 m dari permukaan tanah untuk tanaman kopi dan tanaman penaung yang berada dalam plot. Pengukuran *dbh* dilakukan pada tanaman berdiameter 5–30 cm, sedangkan tanaman dengan *dbh*

<5 cm dikategorikan sebagai *understorey*. Jika ditemukan tanaman dengan diameter batang >30 cm maka pengukuran dilakukan dengan memperbesar ukuran plot menjadi 100 m x 20 m. Pengukuran biomassa *understorey* dilakukan pada sub plot dengan ukuran 0,5 m x 0,5 m yang terletak di dalam plot berukuran 40 m x 5 m (Gambar 3). Pengukuran dilakukan dengan metode merusak tanaman (*destructive*), yaitu dengan memangkas pada 0 cm di atas permukaan tanah untuk semua tumbuhan bawah yang berdiameter <5 cm, herba, dan rerumputan dalam sub plot. Semua *understorey* yang terdapat dalam sub plot diambil 100–300 gram, kemudian dimasukkan ke dalam kantong contoh untuk dianalisis di laboratorium. Cadangan karbon dihitung menggunakan persamaan allometrik (Hairiah & Rahayu, 2007):

$$\text{Cadangan karbon} = \text{berat kering biomassa} \times 0,46 \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{Cadangan karbon} = \text{berat kering biomassa} \times \% \text{ C organik tanaman} \dots \dots \dots (3)$$

Data emisi GRK dianalisis menggunakan metode *independent t-test* untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan rata-rata emisi pada dua sistem perkebunan kopi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Emisi Gas Rumah Kaca (GRK)

Emisi GRK yang diukur pada penelitian ini adalah N₂O dan CO₂. Hasil pengukuran fluks N₂O dan CO₂ pada perkebunan kopi di Kabupaten Badung ditampilkan pada Tabel 1.

Rata-rata fluks N₂O dan CO₂ pada perkebunan kopi konvensional lebih tinggi dibanding perkebunan organik. Perkebunan kopi konvensional menghasilkan fluks N₂O 2,81% lebih tinggi dibanding perkebunan organik. Tingginya fluks N₂O pada sistem konvensional dikarenakan petani masih menggunakan pupuk anorganik, khususnya urea dan NPK dalam praktek budidayanya. Sumber emisi N₂O dari tanah utamanya berasal dari proses nitrifikasi dan denitrifikasi, dimana proses ini sangat dipengaruhi oleh ketersediaan NH₄⁺ dan NO₃⁻, karbon, suhu tanah, dan kadar air (Ponti *et al.*, 2020). Pemberian pupuk N di lahan meningkatkan konsentrasi NH₄⁺ dan NO₃⁻ yang memengaruhi aktivitas mikroba dalam mengemisikan N₂O dan NO. Proses nitrifikasi dianggap sebagai sumber emisi N₂O dan NO pada tanah dalam kondisi aerobik yang dipupuk N (Tian *et al.*, 2020). Li *et al.* (2020) menyampaikan bahwa >60% emisi N₂O dihasilkan dari proses nitrifikasi setelah tujuh hari aplikasi pupuk N.

Tabel 1. Fluks N₂O dan CO₂ pada perkebunan kopi di Kabupaten Badung, Bali
Table 1. N₂O and CO₂ fluxes in coffee plantation at Badung Regency, Bali

Model Perkebunan	Rata-rata fluks (mg/m ² /hari)	
	N ₂ O	CO ₂
Organik	0,656	5,480
Konvensional	0,675	10,689
Nilai peluang (p)	0,949	0,002
Koefisien keragaman (%)	34,600	52,020

Tabel 2. Jumlah emisi gas rumah kaca (GRK) dan *global warming potential* (GWP) pada perkebunan kopi di Kabupaten Badung, Bali
Table 2. Total greenhouse gas (GHG) emissions and global warming potential (GWP) in coffee plantation at Badung Regency, Bali

Model Perkebunan	Total emisi (ton/ha/tahun)		GWP* (ton CO ₂ e/ha/tahun)
	N ₂ O	CO ₂	
Organik	0,00239	20,00	20,71
Konvensional	0,00246	39,02	39,75

Keterangan: *GWP dihitung menggunakan persamaan $GWP = 298N_2O + 1CO_2$ (IPCC, 2007)

Notes : *GWP is calculated using equations of $GWP = 298N_2O + 1CO_2$ (IPCC, 2007)

Perkebunan kopi konvensional menghasilkan fluks CO_2 48,73% lebih tinggi dibanding perkebunan organik. Fluks CO_2 dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya ketersediaan N, kualitas substrat, suhu tanah, kelembaban tanah, biomassa akar, biomassa mikroba, dan serasah (Li *et al.*, 2011). Saat ini penggunaan pupuk N meningkat secara signifikan untuk meningkatkan produksi, namun tidak sedikit pula pupuk yang diberikan menjadi tidak efisien dan efektif. Pemberian pupuk N cukup signifikan dalam meningkatkan emisi CO_2 dibanding tanpa pupuk N (Chi *et al.*, 2020; Gon *et al.*, 2012). Lebih lanjut Li *et al.* (2011) menjelaskan bahwa pemberian pupuk N di perkebunan kopi tanpa penanang memacu laju fluks CO_2 . Penerapan perkebunan organik dengan memanfaatkan pupuk organik dari kotoran ternak sapi merupakan upaya yang dapat dilakukan petani dalam mitigasi N_2O dan CO_2 , serta menjamin keberlanjutan budidaya kopi di Bali.

Global warming potential (GWP) merupakan nilai yang digunakan untuk mengetahui potensi pemanasan global dari GRK selama periode waktu tertentu yang disetarakan dengan nilai potensi CO_2 , dimana CH_4 dan N_2O masing-masing memiliki potensi 25 dan 298 kali lebih besar dibanding CO_2 (IPCC, 2007). Meskipun N_2O yang diemisikan ke atmosfer rendah, namun karena memiliki nilai potensi pemanasan yang tinggi maka dapat menyebabkan efek pemanasan global yang lebih tinggi dibanding CO_2 dan CH_4 . Total emisi GRK dan GWP yang dihasilkan dari perkebunan kopi di Kabupaten Badung ditampilkan pada Tabel 2. Seperti halnya emisi harian, total emisi N_2O dan CO_2 yang dihasilkan dari perkebunan kopi organik lebih rendah dibandingkan perkebunan kopi konvensional. Total emisi N_2O dari perkebunan kopi organik 2,85% lebih kecil, sedangkan CO_2 48,74% lebih kecil dibanding perkebunan kopi konvensional. Karbon dioksida sangat penting dalam proses fotosintesis. Peningkatan CO_2 di atmosfer dapat direspon oleh tanaman-tanaman tipe C3 termasuk kopi, baik secara morfologis, fisiologis maupun biokimia (Yuliasmara, 2019).

Nilai GWP yang dihasilkan dari perkebunan kopi organik dan konvensional masing-masing 39,75 dan 20,71 ton $\text{CO}_2\text{e/ha/tahun}$. Perkebunan kopi organik mampu menekan GWP sebesar 19,04 ton $\text{CO}_2\text{e/ha/tahun}$. Nilai GWP yang dihasilkan dari perkebunan kopi organik ini masih lebih rendah dibanding perkebunan kopi di Kabupaten Pati, Jawa Tengah yaitu sebesar 24,4 ton $\text{CO}_2\text{e/ha/tahun}$ (Adriany *et al.*, 2019), perkebunan kopi di Kabupaten Ngada,

Nusa Tenggara Timur yaitu sebesar 21,87 ton $\text{CO}_2\text{e/ha/tahun}$ (Yulianingrum *et al.*, 2020), dan perkebunan kopi di Kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat yaitu sebesar 47 ton $\text{CO}_2\text{e/ha/tahun}$ (Pramono & Sadmaka, 2018).

Cadangan Karbon

Cadangan karbon merupakan jumlah karbon yang tersimpan di berbagai tempat, seperti tanah, biomassa tanaman, dan jaringan tanaman yang mati (Agus *et al.*, 2011; Hairiah *et al.*, 2011). Perkebunan kopi konvensional menghasilkan cadangan karbon pada biomassa tanaman kopi dan penanang 12.144,14 kg C/ha lebih tinggi dibandingkan perkebunan kopi organik (Tabel 3). Tanaman kopi dan tanaman penanang mempunyai peranan penting terhadap cadangan karbon (Yuliasmara, 2019). Hasil pengamatan menunjukkan bahwa jenis dan diameter tanaman yang terdapat pada perkebunan kopi konvensional lebih beragam dibanding perkebunan kopi organik. Besarnya cadangan karbon pada suatu lahan bervariasi, tergantung pada tingkat kesuburan tanah, iklim, elevasi, jenis tanaman, tingkat pertumbuhan tanaman, kerapatan tanaman, tipe penggunaan lahan, dan sistem pengelolaannya (Hairiah *et al.*, 2001; Agus, 2013). Priyadarshini *et al.* (2009) menyampaikan bahwa kontribusi perkebunan kopi terhadap cadangan karbon meningkat seiring dengan meningkatnya umur tanaman kopi.

Pengukuran cadangan karbon juga dilakukan pada *understorey*, serasah, dan nekromas yang terdapat di sekitar tanaman utama. Cadangan karbon pada *understorey*, serasah, dan ranting di perkebunan kopi organik 1.227,42 kg C/ha lebih tinggi dibanding perkebunan kopi konvensional (Tabel 4). Berat kering yang dihasilkan dari *understorey*, serasah, dan nekromas di perkebunan kopi organik lebih besar, sehingga cadangan karbon yang dihasilkan juga lebih tinggi dibanding perkebunan kopi konvensional. Vegetasi dengan tingkat gugur daun yang sangat tinggi berpengaruh terhadap siklus hara karbon. Lamtoro dan sengan menghasilkan serasah dan tumbuhan bawah dalam jumlah yang besar (Yuliasmara *et al.*, 2009). Selain itu, kapasitas penyimpanan karbon pada biomassa juga dipengaruhi oleh aktivitas manusia. Rata-rata cadangan karbon pada biomassa menurun sebesar 11,4% akibat intervensi manusia (Wood *et al.*, 2019). Aktivitas seperti penebangan pohon dan perubahan komposisi *understorey* dapat memengaruhi akumulasi karbon melalui kematian akar dan perubahan produksi serasah (de Beenhouwer *et al.*, 2016; Wood *et al.*, 2019).

Tabel 3. Cadangan karbon pada biomassa tanaman kopi dan penaung pada perkebunan kopi di Kabupaten Badung, Bali
Table 3. Carbon stocks of coffee and shading plant biomass in coffee plantations at Badung Regency, Bali

Jenis pohon	Keliling (cm)	Diameter (cm)	ρ (g/cm ³)	Berat kering (kg/pohon)	C-tanaman (kg C/pohon)
.....Perkebunan organik.....					
Lamtoro 1	36	11,46	0,55	36,08	16,60
Lamtoro 2	37	11,78	0,55	38,77	17,83
Lamtoro 3	47	14,97	0,55	72,56	33,38
Lamtoro 4	67	21,34	0,55	183,70	84,50
Lamtoro 5	27	8,60	0,55	16,98	7,81
Lamtoro 6	59	18,79	0,55	131,65	60,56
Lamtoro 7	19	6,05	0,55	6,76	3,11
Duren 1	23	7,32	0,64	12,98	5,97
Duren 2	22	7,01	0,64	11,55	5,32
Kopi 1	23	7,32	-	16,99	7,82
Kopi 2	29	9,24	-	27,39	12,60
Kopi 3	23	7,32	-	16,99	7,82
Kopi 4	23	7,32	-	16,99	7,82
Kopi 5	29	9,24	-	27,39	12,60
Kopi 6	31	9,87	-	31,42	14,45
Kopi 7	28	8,92	-	25,48	11,72
Kopi 8	30	9,55	-	29,37	13,51
				Total (kg C/pohon)	323,41
				Total (kg C/ha)	64.682,25
.....Perkebunan konvensional.....					
Lamtoro 1	83	26,43	0,55	321,95	148,10
Lamtoro 2	69	21,97	0,55	198,42	91,27
Lamtoro 3	43	13,69	0,55	57,48	26,44
Lamtoro 4	43	13,69	0,55	57,48	26,44
Lamtoro 5	26	8,28	0,55	15,38	7,08
Lamtoro 6	33	10,51	0,55	28,73	13,21
Lamtoro 7	6	1,91	0,55	0,23	0,11
Gamal 1	21	6,69	0,30	4,79	2,21
Gamal 2	24	7,64	0,30	6,80	3,13
Pisang 1	32	10,19	-	4,21	1,94
Pisang 2	31	9,87	-	3,94	1,81
Kopi 1	26	8,28	-	21,87	10,06
Kopi 2	30	9,55	-	29,37	13,51
Kopi 3	29	9,24	-	27,39	12,60
Kopi 4	24	7,64	-	18,55	8,53
Kopi 5	17	5,41	-	9,11	4,19
Kopi 6	30	9,55	-	29,37	13,51
				Total (kg C/pohon)	384,13
				Total (kg C/ha)	76.826,39

Tabel 4. Cadangan karbon pada *understorey*, serasah, dan nekromas
Table 4. Carbon stocks in *understorey*, litter, and necromas

Biomassa	Berat basah (g)	Berat kering (g/m ²)	C tanaman (%)	Cadangan karbon (kg C/ha)
.....Perkebunan organik.....				
<i>Understorey</i>	1.300	203	0,280	568,81
Serasah	420	152	0,462	702,54
Nekromas	900	394	0,447	1.759,60
Total	-	749	1,190	3.030,95
.....Perkebunan konvensional.....				
<i>Understorey</i>	600	126	0,290	362,38
Serasah	500	183	0,440	798,61
Nekromas	300	138	0,470	642,53
Total	-	447	1,190	1.803,53

Tabel 5. Cadangan karbon pada perkebunan kopi di Kabupaten Badung, Bali
Table 5. Carbon stocks in *coffee plantations* at Badung Regency, Bali

Model Perkebunan	Cadangan karbon (ton C/ha)		Total cadangan karbon (ton CO ₂ e/ha)
	Biomassa tanaman	<i>Understorey</i> , serasah, dan nekromas	
Organik	64,68	3,03	248,27
Konvensional	76,83	1,80	288,31

Praktek budidaya kopi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan adalah budidaya yang dapat menekan emisi GRK dan memaksimalkan cadangan karbon tanpa mengorbankan produktivitas tanaman. Cadangan karbon pada biomassa tanaman di perkebunan kopi konvensional 12,15 ton C/ha lebih tinggi dibanding perkebunan kopi organik, namun cadangan karbon pada *understorey* di perkebunan kopi organik 1,23 ton C/ha lebih tinggi dibanding perkebunan kopi konvensional. Menurut (Hergoualc'h *et al.*, 2012), input bahan organik yang berasal dari serasah dan biomassa tanaman yang dipangkas dapat meningkatkan kandungan karbon dalam tanah.

Total cadangan karbon pada perkebunan kopi konvensional 40,04 ton CO₂e/ha lebih tinggi dibanding perkebunan kopi organik (Tabel 5). Hal ini berarti bahwa perkebunan kopi yang dikelola secara konvensional lebih efektif menyimpan karbon dibanding perkebunan kopi organik. Faktor utama yang menentukan laju akumulasi dan kehilangan karbon tanah adalah kuantitas, kualitas, dan distribusi bahan organik. Masukan bahan organik terutama yang berasal dari serasah dan eksudat akar akan memperkaya *pool* karbon tanah (Hergoualc'h *et al.*, 2012).

KESIMPULAN

Perkebunan kopi organik di Kabupaten Badung, Provinsi Bali mengemisikan GRK ke atmosfer sebesar 20,71 ton CO₂e/ha dan menyimpan karbon sebesar 248,27 ton CO₂e/ha, sedangkan perkebunan kopi konvensional mengemisikan GRK sebesar 39,75 ton CO₂e/ha dan menyimpan karbon sebesar 288,31 ton CO₂e/ha. Perkebunan kopi organik di Kabupaten Badung, Provinsi Bali mampu menekan emisi GRK, namun belum mampu meningkatkan cadangan karbon.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Provinsi Bali yang telah mendanai penelitian melalui APBN tahun anggaran 2018.

KONTRIBUSI PENULIS

1. Ika Ferry Yuniarti (Kontributor utama)
2. I.D.A. Yona Aprianthina (Kontributor utama)
3. Rina Kartikawati (Kontributor utama)
4. Eni Yulianingsih (Kontributor anggota)

DAFTAR PUSTAKA

- Adriany, T. A., Yulianingsih, E., Sopiawati, T., Jumari, & Ruhiana. (2019). Emisi gas rumah kaca dari perkebunan kopi di Kabupaten Pati, Jawa Tengah. In *Prosiding Seminar Nasional 2019 Pembangunan Rendah Karbon Dalam Mendukung Peningkatan Kualitas Lingkungan Hidup* (Vol. 2, pp. 26–27).
- Agus, F. (2013). Konservasi tanah dan karbon untuk mitigasi perubahan iklim mendukung keberlanjutan pembangunan pertanian. *Pengembangan Inovasi Pertanian*, 6(1), 23–33.
- Agus, F., Hairiah, K., & Mulyani, A. (2011). *Pengukuran cadangan karbon tanah gambut. Petunjuk Praktis*. World Agroforestry Centre-ICRAF SE Asia Regional Office dan Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor.
- Asbur, Y.; Ariyanti, M. (2017). Peran konservasi tanah terhadap cadangan karbon, bahan organik, dan pertumbuhan kelapa sawit (*Elaeis guineensis* jacq.). *Kultivasi*, 16(3), 402–411. <https://doi.org/https://doi.org/10.24198/kltv.v16i3>
- BPS. (2018). *Kecamatan Petang dalam angka 2018*. BPS Kabupaten Badung.
- Cheserek, J. J., & Gichimu, B. M. (2012). Drought and heat tolerance in coffee : a review. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science*, 2(December), 498–501. Retrieved from <http://www.interestjournals.org/IRJAS>
- Chi, Y., Yang, P., Ren, S., Ma, N., Yang, J., & Xu, Y. (2020). Effects of fertilizer types and water quality on carbon dioxide emissions from soil in wheat-maize rotations. *Science of the Total Environment*, 698, 134010. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134010>
- Dariah, A. (2013). Sistem pertanian efisien karbon sebagai bentuk adaptasi dan mitigasi sektor pertanian terhadap perubahan iklim. In *Politik Pembangunan Pertanian Menghadapi Perubahan Iklim* (pp. 195–213).
- de Beenhouwer, M., Geeraert, L., Mertens, J., Van Geel, M., Aerts, R., Vanderhaegen, K., & Honnay, O. (2016). Biodiversity and carbon storage co-benefits of coffee agroforestry across a gradient of increasing management intensity in the SW Ethiopian highlands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 222, 193–199. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.02.017>
- de Camargo, M. B. P. (2010). The impact of climatic variability and climate change on Arabica coffee crop in Brazil. *Bragantia*, 69(1), 239–247. <https://doi.org/10.1590/s0006-87052010000100030>
- Gong, W., Yan, X., & Wang, J. (2012). The effect of chemical fertilizer on soil organic carbon renewal and CO₂ emission-a pot experiment with maize. *Plant and Soil*, 353(1–2), 85–94. <https://doi.org/10.1007/s11104-011-1011-8>
- Hairiah, K., Dewi, S., Agus, F., Velarde, S., Ekadinata, A., Rahayu, S., & Van Noordwijk, M. (2011). *Measuring carbon stock across land use systems: A manual*. World Agroforestry Centre. ICRAF Southeast Asia Regional Office. Bogor.
- Hairiah, K., Sitompul, S. M., Van Noordwijk, M., & Palm, C. (2001). *Methods for sampling carbon stocks above and below ground*. ASB Lecture Note 4B. ICRAF. Bogor.
- Hairiah, Kurniatun, & Rahayu, S. (2007). *Pengukuran "Karbon Tersimpan" di Berbagai Macam Penggunaan Lahan*. Bogor: World Agroforestry Centre-ICRAF, SEA Regional Office, University of Brawijaya, Unibraw, Indonesia.
- Hergoualc'h, K., Blanchart, E., Skiba, U., Hénault, C., & Harmand, J. M. (2012). Changes in carbon stock and greenhouse gas balance in a coffee (*Coffea arabica*) monoculture versus an agroforestry system with *Inga densiflora*, in Costa Rica. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 294, 102–110. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.11.018>
- IAEA. (1992). *Manual on measurement of methane and nitrous oxide emission from agriculture. Manual on Measurement of Methane and Nitrous Oxide Emission from Agricultural*. Austria: International Atomic Energy Agency.
- IPCC. (2007). *Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- KLHK. (2017). *Indonesia Third National Communication Under UNFCCC*. Minister of Environment and Forestry.
- Li, H., Fu, S., Zhao, H., & Xia, H. (2011). Forest soil CO₂ fluxes as a function of understory removal and N-fixing species addition. *Journal of Environmental Sciences*, 23(6), 949–957. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(10\)60502-5](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(10)60502-5)

- Li, Z., Xia, S., Zhang, R., Zhang, R., Chen, F., & Liu, Y. (2020). N₂O emissions and product ratios of nitrification and denitrification are altered by K fertilizer in acidic agricultural soils. *Environmental Pollution*, 265. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115065>
- Minamikawa, K., Tokida, T., Sudo, S., Padre, A., & Yagi, K. (2015). *Guidelines for measuring CH₄ and N₂O emissions from rice paddies by a manually operated closed chamber method*. Scientific reports (Vol. 235). National Institute for Agro-Environmental Sciences, Tsukuba, Japan. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.10.011>
- Noponen, M. R. A., Edwards-Jones, G., Haggard, J. P., Soto, G., Attarzadeh, N., & Healey, J. R. (2012). Greenhouse gas emissions in coffee grown with differing input levels under conventional and organic management. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 151, 6–15. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.01.019>
- Ponti, S. M. C., Videla, C. C., Monterubbiansi, M. G., Andrade, F. H., & Rizzalli, R. H. (2020). Crop intensification with sustainable practices did not increase N₂O emissions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 292, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106828>
- Pramono, A., & Sadmaka. (2018). Emisi gas rumah kaca, cadangan karbon serta strategi adaptasi dan mitigasi pada perkebunan kopi rakyat di Nusa Tenggara Barat (Greenhouse gas emission, carbon stock, adaptation and mitigation strategies at smallholder coffee plantation in West Nusa Tenggara. *Menara Perkebunan*, 86(2), 62–71. <https://doi.org/10.22302/iribb.jur.mp.v86i2.294>
- Priyadarshini, R., Yulistyarini, T., & Yuniwati, D. (2009). Cadangan karbon pada sistem penggunaan lahan kopi : Apakah umur tegakan memengaruhi besarnya karbon tersimpan? *Konservasi Flora Indonesia Dalam Mengatasi Dampak Pemanasan Global*, 716–723.
- Pujiyanto. (2011). Use of sub-surface soil water in Robusta coffee field through organic matter wicks. *Pelita Perkebunan*, 27(90), 191–203.
- Surmaini, E., & Runtunuwu, Eleonora, Las, I. (2011). Upaya sektor Pertanian dalam Menghadapi Perubahan Iklim. *Upaya Sektor Pertanian Dalam Menghadapi Perubahan Iklim*, 30(1), 1–7. <https://doi.org/10.21082/jp3.v30n1.2011.p1-7>
- Tian, D., Zhang, Y., Mu, Y., Liu, J., & He, K. (2020). Effect of N fertilizer types on N₂O and NO emissions under drip fertigation from an agricultural field in the North China Plain. *Science of the Total Environment*, 715, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136903>
- Trinh, L. T. K., Hu, A. H., Lan, Y. C., & Chen, Z. H. (2020). Comparative life cycle assessment for conventional and organic coffee cultivation in Vietnam. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17(3), 1307–1324. <https://doi.org/10.1007/s13762-019-02539-5>
- Wani, S. A., Chand, S., Najar, G. R., & Teli, M. A. (2013). Organic farming : As a climate change adaptation and mitigation strategy. *Current Agriculture Research Journal*, 1(1), 45–50.
- Wihardjaka, A., Pramono, A., & Sutriadi, M. T. (2020). Peningkatan produktivitas padi sawah tadah hujan melalui penerapan teknologi adaptif dampak perubahan iklim. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 14(1), 25–36.
- Wood, A., Tolera, M., Snell, M., O'Hara, P., & Hailu, A. (2019). Community forest management (CFM) in south-west Ethiopia: Maintaining forests, biodiversity and carbon stocks to support wild coffee conservation. *Global Environmental Change*, 59, 1–11.
- Yulianingrum, H., Yunianti, I. F., & Ulu, M. A. N. (2020). Budidaya kopi rakyat dengan pengelolaan bahan organik mengurangi emisi gas rumah kaca dan cadangan karbon. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(1), 97–106. <https://doi.org/10.14710/jil.18.1.97-106>
- Yuliasmara, F. (2019). Peningkatan kadar CO₂ di udara dan pengaruhnya pada tanaman kopi. *Warta*, 31(1), 1–4. <https://doi.org/10.31793/1680-1466.2019.24-4.367>
- Yuliasmara, F., Wibawa, A., & Prawoto, A. (2009). Carbon stock in different ages and plantation system of cocoa: allometric approach. *Pelita Perkebunan (a Coffee and Cocoa Research Journal)*, 26(3), 86–100. <https://doi.org/10.22302/icri.jur.pelitaperkebunan.v26i3.137>
- Yunita, L. (2016). Pendugaan cadangan karbon tegakan meranti (*Shorea leprosula*) di hutan alam pada area silin PT Inhutani II Pulau Laut Kalimantan Selatan. *Jurnal Hutan Tropis*, 4(2), 187–197.

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops
Volume 8, Nomor 1, Maret 2021

**PENINGKATAN MUTU DAN KEEKONOMIAN KOPI ARABIKA MELALUI
PENYANGRAIAN KOMPLEKS**

***QUALITY AND TECHNO-ECONOMIC IMPROVEMENT ON COFFEA ARABICA THROUGH
COMPLEX ROASTING***

* Muhammad Rifqi Maulid¹, Eko Heri Purwanto², Efri Mardawati¹, Budi Mandra Harahap¹, Saefudin³

¹⁾ **Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Industri Pertanian,
Universitas Padjadjaran**

Jalan Raya Bandung–Sumedang Km. 21 Jatinangor, Sumedang 45363 Indonesia

²⁾ **Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar**

Jalan Raya Pakuwon Km. 2 Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia

³⁾ **Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan**

Jalan Tentara Pelajar No. 1, Kampus Penelitian Pertanian Cimanggu, Bogor 16111 Indonesia

* *muhammad17052@mail.unpad.ac.id*

(Tanggal diterima: 19 Februari 2021, direvisi: 23 Maret 2021, disetujui terbit: 30 Maret 2021)

ABSTRAK

Peningkatan mutu dan keekonomian merupakan hal yang sangat penting untuk meningkatkan nilai ekspor kopi di Indonesia. Kopi Arabika Sigarar Utang yang merupakan salah satu jenis kopi terbaik di Indonesia dapat ditingkatkan nilai tambahnya melalui penyangraian kompleks yang merupakan metode penyangraian terbaik. Penelitian dilakukan di Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri), Sukabumi, Jawa Barat, mulai Januari sampai November 2020, dengan tujuannya untuk: (1) mengevaluasi pengaruh temperatur awal dan derajat penyangraian terhadap kualitas biji kopi Arabika Sigarar Utang, dan (2) mengevaluasi neraca massa dan kelayakan ekonomi pada perlakuan penyangraian terbaik. Percobaan dilakukan dengan rancangan acak lengkap faktorial, 2 faktor, dan 2 ulangan. Faktor pertama adalah temperatur awal yang terdiri dari 2 taraf, yaitu: temperatur 185 °C dan 210 °C. Faktor kedua adalah derajat sangrai yang terdiri dari 2 taraf, yaitu: derajat ringan-sedang dan derajat sedang-gelap. Peubah yang diamati adalah kadar air, kadar abu, densitas kampa, nilai *brix*, total asam tertitrasi, pH, aktivitas antioksidan, dan kadar kafein. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode penyangraian kompleks dengan temperatur awal 210 °C dan derajat penyangraian ringan-sedang menghasilkan mutu kopi Sigarar Utang yang diperoleh dari Kebun Percobaan Gunung Putri, Balittri, paling mendekati mutu I SNI 01-3542-2004. Biji kopi sangrai yang dihasilkan memiliki cita rasa istimewa (skor 86,51) sehingga dapat memberikan nilai tambah yang tinggi. Nilai kelayakan ekonomi produksi sangat meyakinkan sehingga layak untuk diadopsi oleh industri kopi skala kecil-menengah.

Kata kunci: Keekonomian; kopi Arabika; mutu; neraca massa; penyangraian kompleks

ABSTRACT

Quality and techno-economic improvement is important to increase export value of coffee in Indonesia. Complex roasting is one excellent method in increasing the added value of coffee, such as *Coffea arabica* var. Sigarar Utang which is the best coffee variety in Indonesia. The study was carried out at The Indonesian Industrial and Beverage Crops Research Institute (IIBCRI), Sukabumi, West Java, from January to November 2020 which aimed: (1) to evaluate the effect of initial temperature and roasting degree on the quality of Sigarar Utang coffee bean, and (2) to evaluate the mass balance and economic feasibility of the best roasting treatment. This study was designed in a factorial completely randomized design, using 2 factors, and 2 replications. The first factor was the initial temperature which consisted of 2 levels (185 °C dan 210 °C), and the second factor was the roasting degree which consisted of 2 levels (light-medium and medium-dark). The variables observed were the water content, ash content, bulk density, brix, titratable acidity, pH, radical scavenging (antioxidant) activity, and caffeine content. The results showed that the complex roasting method with an initial temperature of 210 °C and mild-moderate roasting degrees generated a quality of Sigarar Utang coffee originating from Gunung Putri, IIBCRI, closest to the quality 1 of SNI 01-3542-2004. The roasted coffee beans have a special taste (score 86.51) which is a high added value. The production economic value is feasible to be adopted by small-medium scale coffee industry.

Keywords: Arabica coffee; complex roasting; cup quality; mass balance; techno-economic

PENDAHULUAN

Nilai ekspor kopi Indonesia tahun 2018-2019 berada pada peringkat ke-9 di bawah Brazil, Kolombia, Swiss, Vietnam, Jerman, Italia, Perancis dan Honduras (Workman, 2020). Indonesia mampu bersaing dari segi kuantitas, hal ini terlihat dari kapasitas produksi kopi sebesar 729.074 ton pada tahun 2019 (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2019). Selain itu kopi Indonesia memiliki kualitas cita rasa yang menarik, kompleks dan diakui dunia, maka perlu diiringi dengan peningkatan nilai tambah untuk meningkatkan total nilai ekspor kopi Indonesia. Salah satu jenis kopi yang unggul di Indonesia adalah kopi Arabika Sigarar Utang yang tahan terhadap hama, memiliki cita rasa yang sangat baik dan biji yang besar (Wahyudi *et al.*, 2016). Selain itu proses pengolahan kopi secara basah dapat mendukung terciptanya cita rasa yang optimum dalam penyangraian kompleks (Flament, 2001), oleh karena itu kopi Arabika Sigarar Utang yang melalui proses basah dipilih pada penelitian ini.

Penyangraian adalah proses yang paling berpengaruh dalam pengolahan kopi. Di samping itu, terdapat beberapa variabel yang berpengaruh terhadap penyangraian. Maka berdasarkan penelitian terdahulu, kualitas terbaik dari penyangraian dapat diperoleh melalui penyangraian tertutup dan metode penyangraian kompleks yang memperhatikan temperatur awal dan derajat penyangraian (Nagaraju *et al.*, 1997; Schenker *et al.*, 2002). Beberapa studi menunjukkan bahwa temperatur awal berpengaruh terhadap kualitas biji Kopi Arabika. Penambahan kompleksitas rasa dapat diperoleh dari temperatur awal yang tinggi, dan kadar kafein yang sesuai dapat diperoleh dari temperatur awal 180-222 °C (Gloess *et al.*, 2018; Jung *et al.*, 2017; Mubarak *et al.*, 2019). Derajat penyangraian merupakan indikator keberadaan komponen cita rasa di dalam kopi yang terbentuk dari reaksi *Maillard*. Selain itu, derajat penyangraian

memiliki pengaruh terhadap aktivitas antioksidan berdasarkan beberapa penelitian. Somporn *et al.* (2011) mengatakan bahwa aktivitas antioksidan menurun seiring peningkatan derajat penyangraian dari 92% (ringan) menjadi 86% (gelap). Derajat ringan-sedang dan sedang-gelap merupakan batas awal dan akhir dari penyangraian kompleks dan merupakan rentang perolehan aktivitas antioksidan yang tinggi (Kwak *et al.*, 2017; Somporn *et al.*, 2011). Nilai warna L (*lightness*) untuk derajat penyangraian ringan-sedang adalah 24 ± 1 dan sedang-gelap adalah 27 ± 1 (Somporn *et al.*, 2011; Vignoli *et al.*, 2014). Tekanan gas merupakan variabel yang berpengaruh pada kadar kafein biji kopi. SNI 01-3542-2004 menentukan persyaratan kadar kafein dalam kopi sebesar 4,5-20 mg/g. Beberapa penelitian yang memenuhi kriteria tersebut menggunakan tekanan gas di antara 0,23-0,41 kPa (Gloess *et al.*, 2014; Jung *et al.*, 2017).

Penyangraian kompleks saat ini dibutuhkan untuk memaksimalkan potensi dari kopi Arabika Jawa Barat. Selain itu dibutuhkan kapasitas yang lebih besar dan perhatian terhadap variabel penyangraian yang lebih luas pada penelitian penyangraian agar lebih mudah diterapkan pada industri kecil dan menengah. Evaluasi neraca massa diperlukan untuk mengetahui perolehan pada penyangraian kopi. Analisis ekonomi diperlukan untuk menghitung harga jual, prospek pengembangan dan kelayakan usaha kopi Arabika. Penyangraian kompleks, evaluasi neraca massa dan analisis kelayakan usaha merupakan tiga hal penting dalam meningkatkan daya saing kopi Arabika Sigarar Utang Gunung Putri di pasar nasional dan internasional. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh temperatur awal dan derajat penyangraian terhadap kualitas biji Kopi Arabika Sigarar Utang Gunung Putri skala lima kilogram. Tujuan lainnya adalah untuk mengevaluasi neraca massa dan kelayakan ekonomi pada perlakuan penyangraian terbaik dari penelitian ini.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, Sukabumi, Jawa Barat. Penelitian dilaksanakan mulai bulan Januari sampai bulan November 2020.

Bahan

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah biji kopi gabah Arabika Sigarar Utang yang diperoleh melalui proses basah dengan lama fermentasi 36 jam. Biji kopi tersebut diperoleh dari Kebun Percobaan Gunung Putri, Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, pada ketinggian 1450 mdpl, tipe iklim D, dan jenis tanah Andosol. Sedangkan beberapa bahan kimia yang digunakan pada tahap analisis adalah kafein anhidrat (Merck), CaCO_3 (Merck), kloroform (Merck), DPPH (Himedia) dan metanol (Merck).

Metode

Penelitian ini dilakukan dengan analisis eksperimental menggunakan rancangan acak lengkap faktorial dua faktor, masing-masing faktor terdiri dari dua taraf pengujian dan dua ulangan. Faktor pertama adalah temperatur awal penyangraian pada level 185 °C dan 210 °C. Faktor kedua adalah derajat penyangraian yang diwakili dengan warna, berada pada level $L*27 \pm 1$ untuk ringan-sedang dan $L*24 \pm 1$ untuk sedang-gelap.

Persiapan Bahan

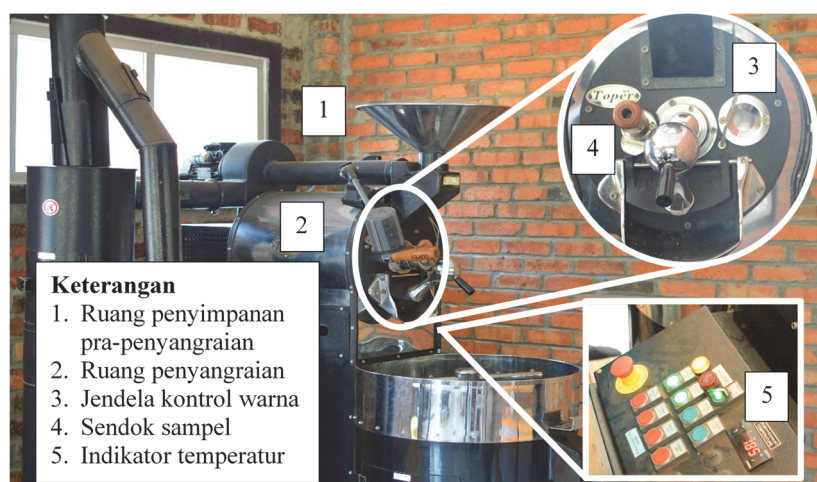
Biji kopi gabah kering dijemur di bawah sinar matahari selama satu jam, dan disosoh untuk menghasilkan biji kopi beras. Selanjutnya dilakukan

sortasi pada setiap 300 gram biji kopi beras dengan memperhatikan keberadaan cacat perkamen, kulit tanduk, rusak/potong, serangan serangga, hitam sebagian, mengambang, tempurung, batu kecil, kayu kecil dan serangan air (belum kering).

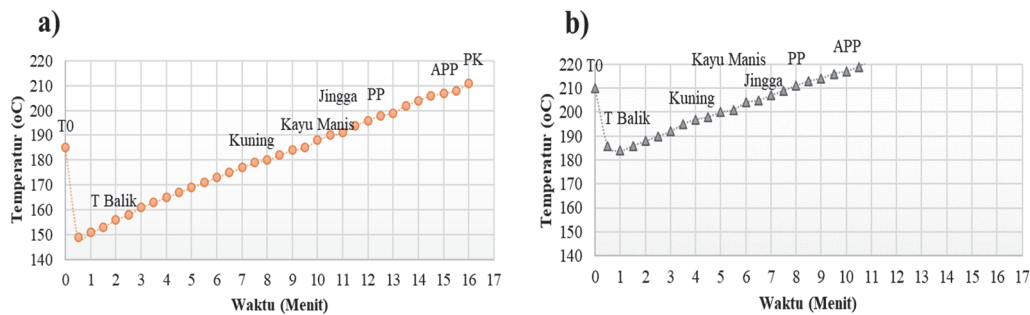
Penyangraian

Penyangraian dilakukan dengan menggunakan mesin Toper Turkey p262773 Drum Roaster berkapasitas 5 kilogram (Gambar 1). Temperatur biji diukur setiap 30 detik berdasarkan indikator temperatur yang terdapat pada mesin. Tekanan gas diatur sebesar 3 mbar (0,3 kPa). Derajat penyangraian diukur dengan alat Hunterlab Miniscan EZ. Seluruh hasil penyangraian disimpan dalam kemasan plastik selama satu pekan pada temperatur 25 °C sebelum dianalisis.

Langkah pertama penelitian dilakukan dengan memastikan titik konsistensi derajat penyangraian biji kopi melalui proses penyangraian pendahuluan. Penyangraian pendahuluan dilakukan untuk mengetahui seluruh tahapan perubahan derajat penyangraian yang terjadi pada biji kopi (kalibrasi). Beberapa penelitian penyangraian kopi di Indonesia seperti Saloko *et al.* (2019) dan Fadri *et al.*, (2019) tidak menyertakan kurva perubahan temperatur terhadap waktu yang disertai keterangan perubahan fase. Padahal penyangraian kopi pada skala industri memerlukan gambaran berdasarkan kurva tersebut seperti yang dilakukan Gloess *et al.* (2014). Untuk memperkuat ketepatan saat penelitian dilakukan, fase-fase derajat penyangraian dicatat berdasarkan waktu tempuh penyangraian yang tertera pada Gambar 2.



Gambar 1. Bagian-bagian mesin penyangrai Toper Turkey p262773 Drum Roaster
Figure 1. Part of Toper Turkey p262773 Drum Roaster



Gambar 2. Kurva perubahan temperatur dan derajat penyangraian terhadap waktu penyangraian pendahuluan: a) $T_0 = 185^\circ\text{C}$ dan b) $T_0 = 210^\circ\text{C}$

Keterangan: T_0 =temperatur awal; T balik= Titik balik temperatur; PP= pecahan pertama; APP= akhir pecahan pertama; PK= pecahan kedua

Figure 2. Temperature and roasting degree changing curve to time on preliminary roasting; a) $T_0 = 185^\circ\text{C}$ and b) $T_0 = 210^\circ\text{C}$

Note: T_0 =initial temperature; T balik= turning point; PP= first crack; APP= end first crack; PK= second crack

Analisis Sifat Fisik

Analisis sifat fisik dilakukan pada tiga indikator kualitas biji kopi, yaitu kadar air, kadar abu dan densitas kamba. Analisis kadar air dan kadar abu dilakukan dengan mengikuti prosedur pengujian SNI 01-2891-1992, sedangkan densitas kamba dilakukan sesuai metode yang diterapkan Budijanto *et al.* (2011).

Analisis Sifat Kimia

Analisis sifat kimia dilakukan pada lima indikator kualitas biji kopi, yaitu nilai brix, nilai pH, total asam tertitrasi, aktivitas antioksidan dan kadar kafein. Sebagai sampel pengujian nilai brix, pH dan total asam tertitrasi, kopi diseduh dengan akuades pada temperatur 93°C dan konsentrasi 10% (b/v). Padatan dipisahkan dengan menggunakan kertas saring Whatman No. 1. Filtrat ditera ke dalam labu ukur 100 ml. Nilai brix diperoleh menggunakan refraktometer sesuai prosedur yang ditunjukkan (Asiah *et al.*, 2019). pH diukur dengan instrumen pH meter elektroda (Consort C861), sedangkan total asam tertitrasi menggunakan metode Nielsen (2010). Pengujian kadar kafein dan aktivitas antioksidan menggunakan metode penyeduhan berbeda dari ketiga analisis yang telah disebutkan di awal, yaitu sesuai dengan prosedur masing-masing metode. Analisis aktivitas antioksidan dilakukan sesuai prosedur pada penelitian Somporn *et al.* (2011). Analisis kadar kafein mengacu pada prosedur SNI 01-2891-1992 dengan instrumen Rotavapor Buchi R215. Persamaan kurva standar untuk analisis kadar kafein adalah $y = 0,499x + 0,0063$ dengan $R^2 = 0,9986$. Pengukuran serapan pada analisis aktivitas antioksidan dan kadar kafein menggunakan instrumen spektrofotometri uv-vis (GENESYSTM 10S).

Analisis Cita Rasa (SCAA, 2015)

Analisis cita rasa dilakukan pada 15 orang panelis tereduksi di dalam ruangan tertutup bertemperatur 24°C . Masing-masing panelis diberikan sendok khusus *cupping* dan gelas untuk melakukan *cup-off* (kopi dikeluarkan setelah dirasakan). Sampel kopi diseduh dengan air mineral pH 8,5 bertemperatur 93°C . Konsentrasi sampel terhadap air mineral adalah 10% (b/b). Parameter yang diuji adalah aroma, rasa, durasi singgah (*aftertaste*), keasaman, kemanisan, ketebalan rasa, keseimbangan rasa, kebersihan karakter (*clean cup*), keseragaman dan nilai keseluruhan. Penilaian kategori skala kualitas yang diamati adalah baik (6,00-6,75), sangat baik (7,00-7,75), istimewa (8,00-8,75) dan luar biasa (9,00-9,75) (Specialty Coffee Association of America, 2015).

Neraca Massa

Data yang diperoleh pada penelitian ini berupa massa awal biji kopi beras, massa akhir biji kopi sangrai, kadar air dan kadar kafein. Data dikelompokkan berdasarkan posisinya pada proses, yaitu sebagai masukan atau keluaran (Geankoplis, 1993). Total massa yang terakumulasi pada masukan dan keluaran disajikan dalam bentuk persentase rendemen.

$$\text{Rendemen}_{\text{Penyangraian (b)}} = \frac{\text{Massa biji kopi sangrai (kg)}}{\text{Massa biji kopi beras (kg)}}$$

$$\text{Rendemen}_{\text{Air (b/b)}} = \frac{\text{Massa air (g)}}{\text{Massa biji kopi sangrai (g)}}$$

$$\text{Rendemen}_{\text{Keseluruhan (b/b)}} = \frac{\text{Massa biji kopi sangrai (kg)}}{\text{Massa biji kopi gabah (kg)}}$$

Secara keseluruhan, proses penyangraian kopi menghasilkan keluaran lainnya berupa limbah partikulat. Limbah tersebut menyebabkan adanya kehilangan massa pada produk biji kopi. Data tersebut perlu diolah menjadi persentase massa hilang yang dapat diperoleh melalui perhitungan berikut.

$$\% \text{ Hilang}_{(b/b)} = \frac{\text{Massa biji kopi beras} - \text{Massa biji kopi sangrai (kg)}}{\text{Massa biji kopi beras (kg)}}$$

Harga Pokok Produksi

Harga pokok produksi menunjukkan biaya yang dibutuhkan untuk menjalankan proses produksi. Analisis harga pokok produksi kopi sangrai dilakukan melalui persamaan berikut menurut (Kastaman, 2004).

$$HPP = \frac{\text{Biaya primer} + \text{Biaya Tak Langsung} + \text{Biaya Komersial}}{\text{Jumlah produk}}$$

Biaya primer terdiri atas biaya bahan langsung dan biaya buruh langsung. Biaya primer merupakan keseluruhan biaya variabel yang dibutuhkan secara langsung pada suatu produk, bahan yang digunakan akan diperoleh pada produk. Contoh dari biaya primer pada penyangraian kopi adalah harga biji kopi beras dan upah tenaga kerja penyangrai.

Biaya tak langsung terdiri dari biaya bahan tak langsung dan biaya buruh tak langsung. Biaya tak langsung merupakan keseluruhan biaya variabel yang bersifat melengkapi dan mendukung kebutuhan primer. Contoh dari biaya tak langsung pada penyangraian kopi adalah harga gas tabung dan upah tenaga kerja pembersih ruangan.

Biaya komersial adalah biaya yang berada di luar biaya produksi. Biaya ini mencakup pengeluaran dari usaha administrasi dan pengenalan produk ke pasar. Contoh dari biaya komersial pada penyangraian kopi adalah biaya pengurusan sertifikasi Pangan Industri Rumah Tangga (PIRT).

Titik Impas (Break Even Point / BEP)

Analisis titik impas dilakukan untuk mengetahui unit atau jangka waktu pengembalian modal yang dapat diperoleh dari penjualan produk. Analisis titik impas dihitung melalui persamaan berikut menurut (Kastaman, 2004).

$$\text{Titik Impas}_{\text{Unit}} = \frac{\text{Biaya Tetap}}{\text{Harga Jual Produk} - \text{Biaya Variabel}}$$

$$\text{Titik Impas}_{\text{Rupiah}} = \frac{\text{Biaya Tetap}}{1 - (\text{Biaya Variabel} / \text{Titik Impas}_{\text{Unit}})}$$

Biaya tetap adalah biaya yang dikeluarkan untuk memenuhi kebutuhan peralatan yang menunjang proses produksi maupun bagian pendukungnya. Contoh dari biaya tetap pada proses penyangraian kopi adalah mesin penyangrai.

Biaya variabel merupakan keseluruhan harga pokok produk. Contoh dari biaya variabel adalah harga biji kopi beras. Harga jual produk adalah penambahan dari harga pokok produk dengan keuntungan yang ingin diperoleh.

Pengembalian Investasi (Return on Investment / ROI)

Analisis pengembalian investasi dilakukan untuk mengetahui persentase profit yang dapat diperoleh dari penyangraian biji kopi. Bila ROI bernilai negatif maka sebuah investasi dinilai merugikan. Semakin besar persentase ROI maka sebuah investasi dinilai menguntungkan dan usaha layak untuk dijalankan. Analisis pengembalian investasi dilakukan melalui persamaan berikut menurut (Adiwinata *et al.*, 2017).

$$ROI = \frac{\text{Laba Bersih}}{\text{Total Investasi}} \times 100\%$$

Rasio Manfaat-Biaya (Benefit Cost Ratio / B/C)

Analisis manfaat-biaya dilakukan untuk mengetahui kelayakan ekonomi selama proses produksi berjalan. Bila nilai B/C lebih besar dari satu maka usaha dapat dikatakan layak untuk dijalankan, sedangkan bila rasionya lebih kecil dari satu maka usaha tidak layak untuk dijalankan karena berpotensi mengalami kerugian. Analisis rasio manfaat-biaya dilakukan melalui persamaan berikut menurut (Zulnadi, Indovilandri, 2016).

$$\frac{B}{C} \text{ Ratio} = \frac{\text{Hasil Penjualan Sekarang}}{\text{Total Biaya Sekarang}}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Temperatur Awal terhadap Waktu Penyangraian

Penyangraian eksperimental untuk menguji hipotesis penelitian ini dilakukan setelah melalui tahapan penyangraian pendahuluan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan temperatur awal yang lebih tinggi (210 °C) dapat mempercepat waktu untuk mencapai titik pecahan pertama bila dibandingkan dengan temperatur awal 185 °C seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Hal ini dapat disebabkan oleh semakin tingginya temperatur dari biji kopi yang membuat

kandungan volatil lebih banyak menguap dan semakin cepat terjadinya reaksi *Maillard*. Dibandingkan dengan hasil penelitian Gloess *et al.*(2014), penyangraian pada penelitian ini memiliki waktu tempuh menuju titik pecahan pertama yang lebih singkat, karena temperatur awal yang digunakan pada penelitian ini lebih tinggi. Derajat penyangraian dan temperatur awal menghasilkan nilai yang berbeda nyata pada waktu tempuh pecahan pertama dan nilai L, sedangkan waktu tempuh titik balik tidak berbeda nyata.

Analisis Fisik Biji Kopi

Analisis fisik biji kopi yang dilakukan pada penelitian ini adalah kadar air, kadar abu dan densitas kamba. Ketiga indikator kualitas tersebut akan berbeda-beda sesuai dengan perlakuan penyangraian yang digunakan. Perbedaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2. Terdapat pengaruh nyata interaksi temperatur awal dan derajat penyangraian terhadap kadar air. Selain itu, Tabel 2 menunjukkan bahwa temperatur awal berpengaruh signifikan hanya terhadap perbedaan kadar air, sedangkan derajat penyangraian dapat mempengaruhi kadar air, kadar abu dan densitas kamba.

Kadar Air

Pada bahan hasil pertanian, kadar air dapat mempengaruhi masa simpan. Kadar air yang tinggi dapat memperpendek umur simpan biji kopi. Penelitian ini menunjukkan bahwa interaksi temperatur awal dan derajat penyangraian berpengaruh terhadap perbedaan kadar air. Kenaikan derajat penyangraian menurunkan kadar air secara signifikan, karena derajat penyangraian yang tinggi menunjukkan waktu kontak yang panjang antara biji kopi dengan kalor sehingga kandungan air lebih banyak teruapkan (Gambar 3). Penelitian ini menghasilkan biji kopi sangrai dengan kadar air yang berkisar antara 1,29-2,51%, seluruhnya memenuhi SNI. Interaksi perlakuan temperatur awal 210 °C derajat penyangraian ringan-sedang menghasilkan perbedaan kadar air tertinggi. Sedangkan perbedaan kadar air terendah dihasilkan dari interaksi perlakuan temperatur awal 210 °C dan derajat penyangraian sedang-gelap. Kadar air pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan penelitian Tarigan & Towaha (2017) dengan kadar air 1,10-1,36% pada penyangraian 10-13 menit serta penelitian Musa *et al.*, (2019) dengan kadar air 0,97-1,57% pada penyangraian 12-18 menit.

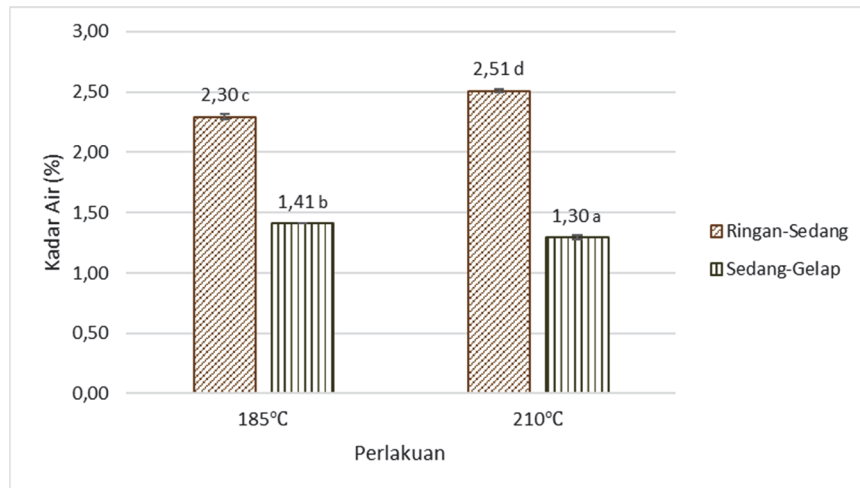
Tabel 1. Hasil Uji Penyangraian Kompleks
Table 1. Experimental Results of Complex Roasting

	185 °C		210 °C	
	Ringan-sedang	Sedang-gelap	Ringan-sedang	Sedang-gelap
Hilang massa (%)	14,58	20,83	16,67	20,83
Titik balik (menit)	1,00±0,70	1,00±0,70	1,00±0,00	1,00±0,00
Pecahan pertama (menit)	11,50±0,00	11,63±0,18	8,00±0,00	8,50±0,70
Akhir pecahan pertama (menit)	-	14,00±0,00	-	10,25±0,00
Pecahan kedua (menit)	16,00±0,00		11,00±0,00	
Temp. Akhir (°C)	195,50±4,94	203,50±3,50	204,50±13,4	210,50±16,26
L	26,98±0,07	23,02±0,33	26,48±0,03	23,98±0,07
a	10,24±0,76	8,42±0,29	11,05±0,28	9,05±0,94
b	18,16±2,32	12,69±0,05	17,91±0,13	12,86±1,01

Tabel 2. Nilai peluang hasil analisis ragam sifat fisik biji kopi
Table 2. Probability value of variance analysis for physical properties

Perlakuan	Kadar Air	Kadar Abu	Densitas Kamba
Temperatur awal	0,013*	0,57	0,13
Derajat penyangraian	9,32 x 10 ⁻⁸ *	0,008*	0,0001*
Interaksi	0,0001*	0,10	0,64

Keterangan: *signifikan pada taraf 5% berdasarkan uji ANOVA
Note : *significant at 5% based on ANOVA test

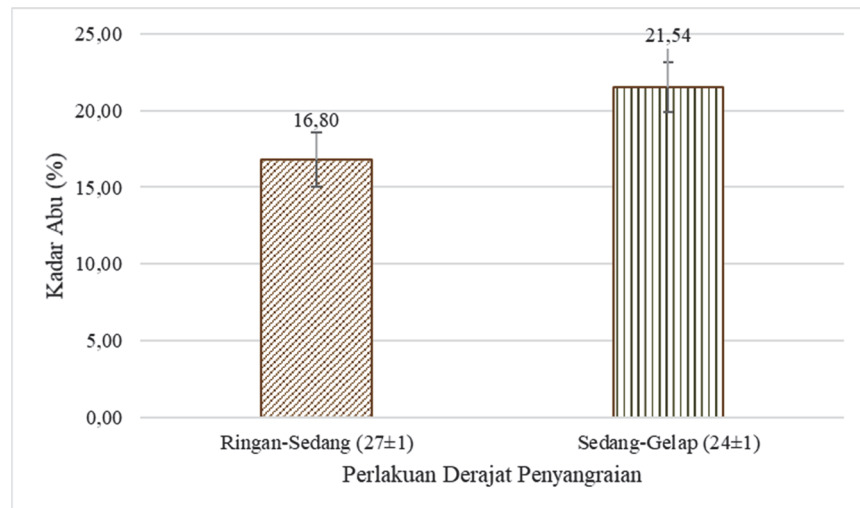


Gambar 3. Kadar air biji kopi sangrai.

Keterangan: Angka yang diikuti huruf sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan taraf 5%

Figure 3. Water content of roasted coffee beans.

Note: Numbers followed by the same letters are not significantly different according to Duncan test at 5% levels



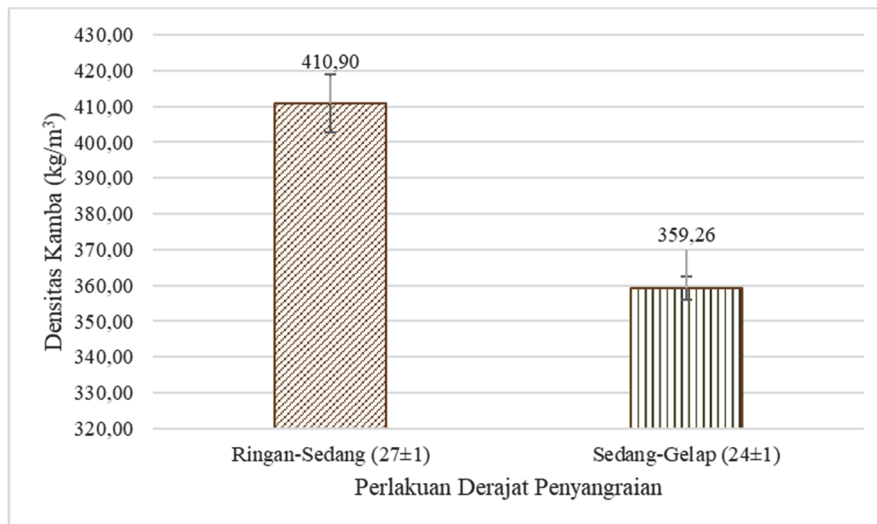
Gambar 4. Kadar abu biji kopi sangrai yang dipengaruhi oleh derajat penyangraian

Figure 4. Ash content of roasted coffee beans influenced by roasting degree

Kadar Abu

Kadar abu merupakan persentase kandungan mineral yang terdapat pada biji kopi, semakin kecil kadar abu menandakan bahan anorganik di dalamnya semakin sedikit. Pada penelitian ini, derajat penyangraian sedang-gelap menghasilkan kadar abu yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan ringan-sedang (Gambar 4). Kadar abu pada penyangraian ini terlalu tinggi apabila dibandingkan dengan penelitian lainnya yang berkisar pada rentang 4-5,39% (Kim *et al.*, 2020; Saloko *et al.*, 2019; W. B. Sunarharum *et al.*,

2019). Hal ini disebabkan adanya perbedaan metode analisis, penelitian ini menggunakan metode kadar abu gravimetri, sedangkan penelitian lainnya menggunakan metode kadar abu yang diendapkan sebagai sulfat sehingga hasilnya dapat lebih rendah. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian Tarigan & Towaha (2017) yang menggunakan metode analisis kadar abu yang sama, dengan hasil fermentasi selama 24-36 jam dapat menyebabkan peningkatan kadar abu hingga 17,47-18,18%.



Gambar 5. Densitas kamba biji kopi sangrai yang dipengaruhi oleh derajat penyangraian
Figure 5. Bulk density of roasted coffee beans influenced by roasting degree

Tabel 3. Nilai peluang hasil analisis ragam sifat kimia biji kopi
Table 3. Probability value of variance analysis for chemical properties

Indikator	Brix	Total asam tertitrasi	pH	Aktivitas antioksidan	Kafein
Temperatur Awal	0,0025*	0,37	0,003*	0,26	0,21
Derajat Penyangraian	0,0025*	0,03*	0,00004*	0,26	0,05
Interaksi	0,25	0,37	0,15	0,80	0,38

Keterangan: *signifikan pada taraf 5% berdasarkan uji ANOVA
Note: *significant at 5% based on ANOVA test

Densitas Kamba

Densitas kamba merupakan indikator kualitas biji kopi, semakin tinggi bobotnya maka kualitas kopi semakin baik. Derajat penyangraian berpengaruh signifikan dalam menurunkan densitas kamba dari sedang-gelap menuju ringan-sedang sebagaimana yang dapat terlihat pada Gambar 5. Densitas kamba pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan penelitian Anisa *et al.*, (2017) yang mencapai densitas optimum sejumlah 296 kg/m³. Hal ini disebabkan varietas Sigarar Utang yang digunakan pada penelitian ini memiliki bobot kering biji lebih tinggi dibandingkan jenis kopi lainnya (Saefudin & Wardiana, 2013).

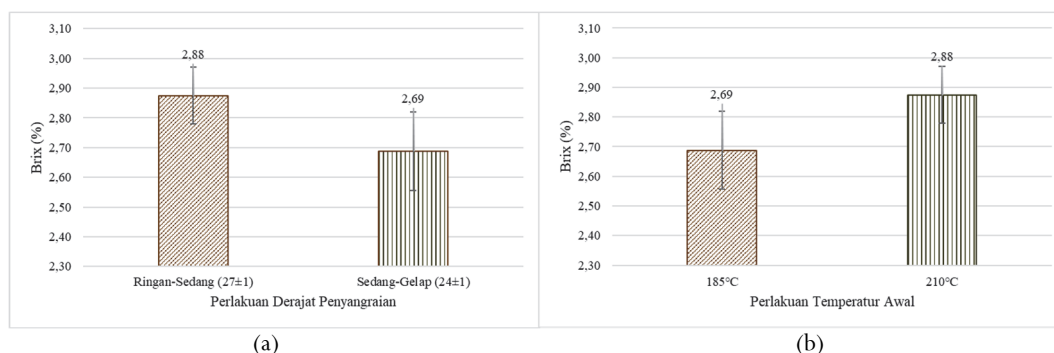
Analisis Kimia Biji Kopi

Analisis kimia dilakukan dengan menguji persentase brix, total asam, nilai pH, aktivitas antioksidan dan kafein pada biji kopi. Persentase brix dan total asam tertitrasi dipilih sebagai indikator kualitas karena berhubungan dengan aspek cita rasa biji kopi. Sedangkan nilai pH, aktivitas antioksidan dan kafein dipilih karena berhubungan dengan aspek kesehatan konsumen. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa tidak ada interaksi antara temperatur awal dan derajat

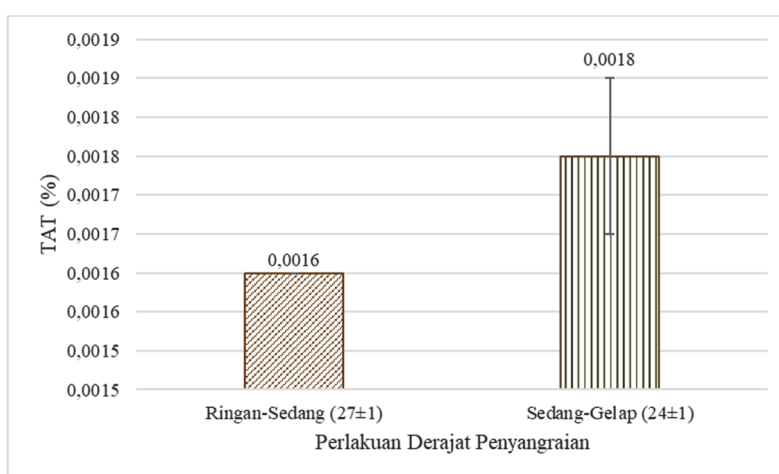
penyangraian terhadap beberapa indikator tersebut sesuai yang terlihat pada Tabel 3. Di samping itu temperatur awal mempengaruhi nilai brix dan pH, sedangkan derajat penyangraian mempengaruhi nilai brix, total asam tertitrasi dan pH. Tidak ditemukan pengaruh kedua variabel tersebut terhadap aktivitas antioksidan dan kadar kafein.

Nilai Brix

Nilai brix merupakan persentase gula terlarut dalam suatu larutan. Tingginya nilai brix menunjukkan cita rasa kopi yang semakin baik. Penurunan nilai brix dapat disebabkan oleh reaksi karamelisasi yang mengubah monomer gula menjadi furan dan hidroksi-metilfurfural (Yeretzian *et al.*, 2002). Penelitian ini menunjukkan kenaikan temperatur awal berpengaruh sangat signifikan terhadap kenaikan nilai brix. Hal tersebut berlawanan dengan derajat penyangraian yang sangat signifikan menurunkan nilai brix. Fenomena tersebut dapat dilihat pada Gambar 6. Nilai brix penelitian ini lebih tinggi bila dibandingkan penelitian Kim *et al.*, (2020) pada metode penyeduhan yang sama sebesar 1,28%.



Gambar 6. Nilai brix biji kopi sangrai yang dipengaruhi oleh (a) derajat penyangraian dan (b) temperatur awal
Figure 6. Brix value of roasted coffee beans influenced by (a) roasting degree and (b) initial temperature



Gambar 7. Total asam tertitrasi biji kopi sangrai yang dipengaruhi oleh derajat penyangraian
Figure 7. Titratable total acidity of roasted coffee beans influenced by roasting degree

Total Asam Tertitrasi

Total asam tertitrasi akan berpengaruh pada munculnya cita rasa asam yang tidak nyaman, sehingga penelitian perlu mencari perlakuan dengan total asam titrasi terendah (Rao & Fuller, 2018). Total asam tertitrasi dipengaruhi secara nyata oleh derajat penyangraian, dapat dilihat pada Gambar 7. Total asam tertitrasi pada penelitian ini lebih rendah dibandingkan penelitian Gloess *et al.* (2014) dan Kim *et al.* (2020) pada derajat penyangraian sedang. Rendahnya kadar total asam tertitrasi menunjukkan efektifnya konversi prekursor komponen asam menjadi cita rasa.

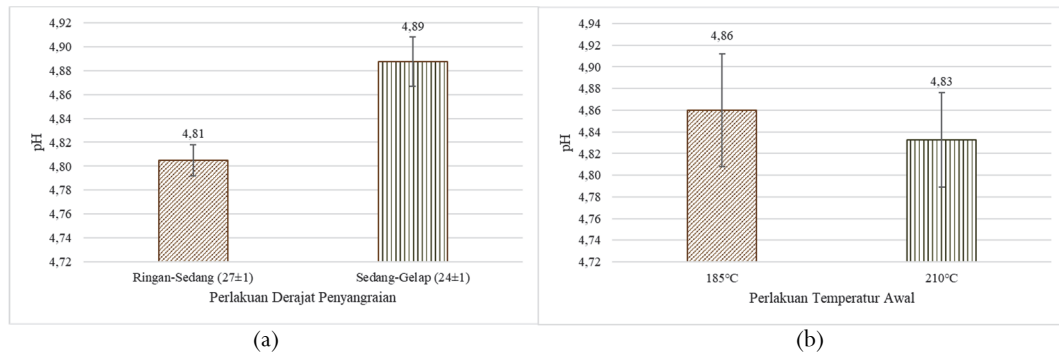
Nilai pH

Nilai pH merupakan derajat keasaman yang dimiliki oleh sampel hasil seduh biji kopi. Nilai pH yang rendah dapat mengindikasikan adanya kandungan asam klorogenat yang tinggi (Gloess *et al.*, 2014; Rao & Fuller, 2018). Pada penelitian ini, temperatur awal dan derajat penyangraian memiliki pengaruh signifikan terhadap nilai pH. Peningkatan temperatur awal signifikan menurunkan nilai pH, sedangkan peningkatan

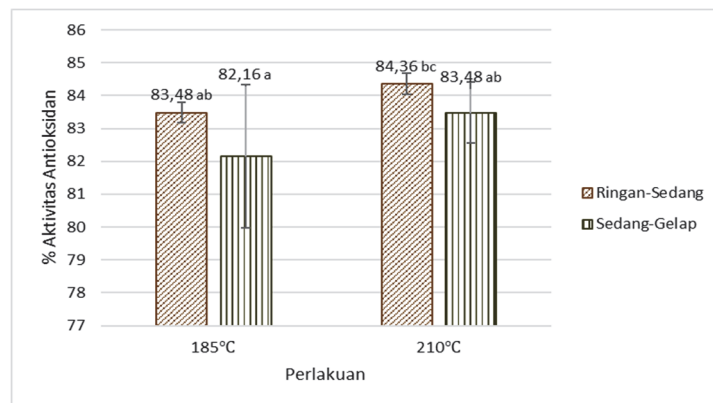
derajat penyangraian dapat meningkatkan nilai pH. Nilai pH penelitian ini lebih rendah dibandingkan Rao & Fuller (2018) dan Fadri *et al.* (2019). Hasil pengamatan analisis pH dapat dilihat pada Gambar 8.

Aktivitas Antioksidan

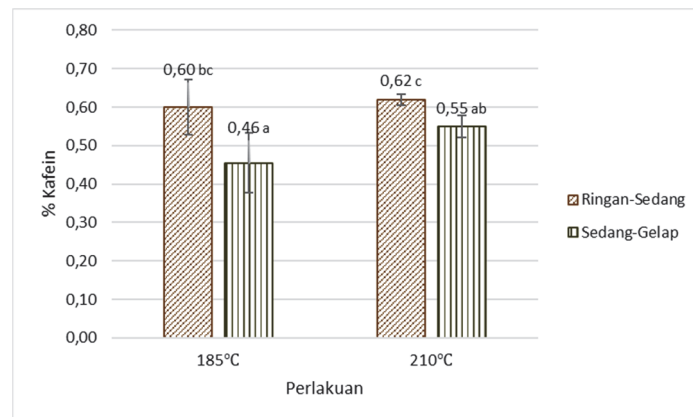
Aktivitas antioksidan pada ekstrak biji kopi dianalisis melalui metode DPPH. Aktivitas antioksidan berbanding lurus dengan kadar asam klorogenat pada biji kopi, fenomena peningkatan aktivitas antioksidan dapat berbanding terbalik dengan nilai pH seperti yang tercantum pada Gambar 9. Tidak terdapat interaksi maupun pengaruh signifikan dari temperatur awal dan derajat penyangraian terhadap perbedaan aktivitas antioksidan. Namun dapat diketahui bahwa interaksi dengan perbedaan aktivitas antioksidan tertinggi pada penelitian ini didapatkan pada perlakuan temperatur awal 210 °C sebesar 84,36% pada derajat penyangraian ringan-sedang, lebih tinggi dari perlakuan terbaik Kwak *et al.* (2017).



Gambar 8. Nilai pH biji kopi sangrai yang dipengaruhi oleh (a) derajat penyangraian dan (b) temperatur awal
Figure 8. pH value of roasted coffee beans influenced by (a) roasting degree and (b) initial temperature



Gambar 9. Aktivitas antioksidan biji kopi sangrai
Figure 9. Antioxidant activity of roasted coffee beans

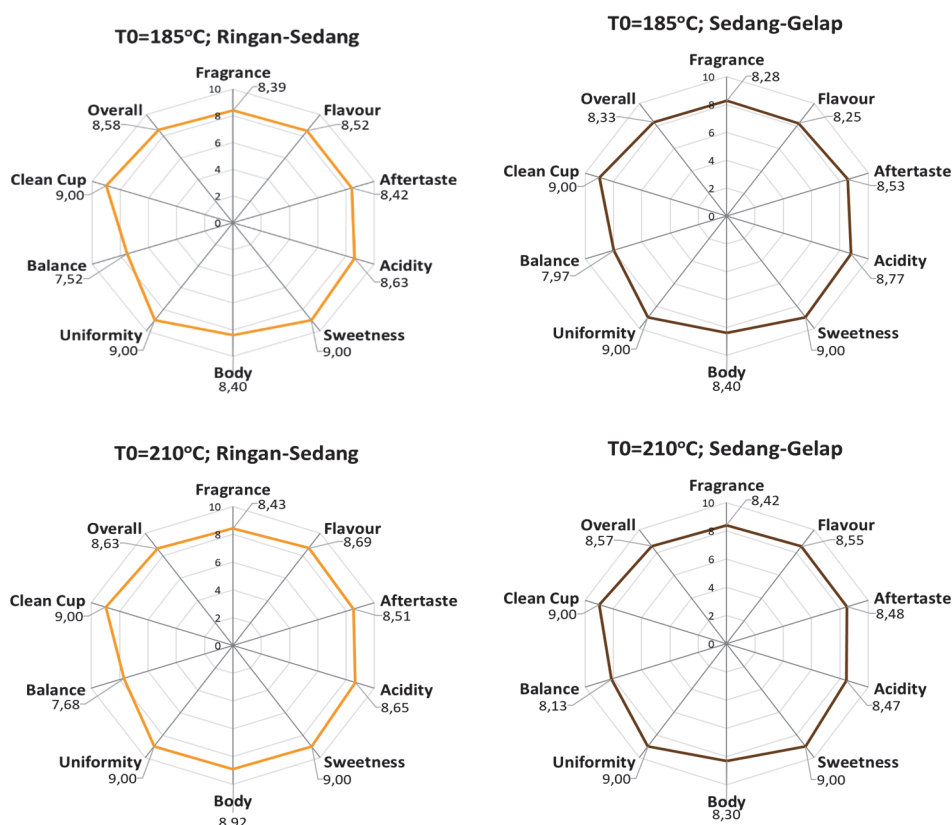


Gambar 10. Kadar kafein biji kopi sangrai
Figure 10. Caffeine content of roasted coffee beans

Kadar Kafein

Kafein dihindari karena dapat berefek pada kenaikan tekanan darah, di sisi lain berdampak baik dalam menjaga stress (Samoggia & Riedel, 2019). Maka kadar kafein perlu disesuaikan dengan standar, yaitu rentang 0,45-2%(b/b) pada SNI 01-3542-2004 dan 0,32-1,06% (b/b) pada El Ente Costarricense de Acreditacion (EECA). Seluruh kopi yang diperoleh pada penelitian ini berada pada rentang 0,45-0,62% kafein, sesuai dengan SNI 01-3542-2004 dan EECA.

Pada penelitian ini tidak ditemukan interaksi maupun pengaruh signifikan dari temperatur awal dan derajat penyangraian terhadap kadar kafein. Namun dapat diketahui bahwa interaksi dengan perbedaan kadar kafein tertinggi diperoleh dari perlakuan temperatur awal 210 °C derajat penyangraian ringan-sedang, sedangkan perbedaan terendah diperoleh dari perlakuan temperatur awal 185 °C derajat penyangraian sedang-gelap (Gambar 10).



Gambar 11. Cita rasa biji kopi sangrai
Figure 11. Cup quality of roasted coffee beans

Tabel 4. Total nilai cita rasa biji kopi sangrai
Table 4. Cupping test total score of roasted coffee beans

Jenis Perlakuan	Total Nilai Uji Cita Rasa	Kategori
185 Ringan-Sedang	85,46	Istimewa
185 Sedang-Gelap	85,53	Istimewa
210 Ringan-Sedang	86,51	Istimewa
210 Sedang-Gelap	85,92	Istimewa

Nilai Cita Rasa

Penyangraian dengan cita rasa tertinggi diperoleh dari perlakuan temperatur awal 210 °C derajat penyangraian ringan-sedang. Rasa yang ditimbulkan lebih kompleks karena proses tersebut mampu mempersempit waktu antara titik puncak asam, aroma dan ketebalan rasa. Kompleksitas rasa terlihat dari

Gambar 11, didapatkan keseimbangan yang tinggi dari setiap atribut penilaian. Umumnya panelis mendapatkan rasa khas jeruk nipis dan rempah-rempah pada kopi dengan perlakuan ringan-sedang. Skor dari seluruh perlakuan layak dikategorikan sebagai kopi specialty bercita rasa istimewa karena memiliki nilai total pada rentang 80-87,5 (Tabel 4). Hasil ini lebih

baik dari penelitian Tarigan *et al.* (2020) pada kopi Arabika Sigarar Utang dengan nilai total 82,64-84,88.

Rekapitulasi Data Hasil Uji

Tahapan selanjutnya adalah melakukan analisis neraca massa dan kelayakan ekonomi, untuk itu perlu dilakukan pengambilan pada satu perlakuan yang paling mendekati standar mutu I SNI 01-3542-2004 dengan kadar kafein 0,9-2%. Hal tersebut dikarenakan seluruh sampel memenuhi standar, namun seluruh sampel hanya terqualifikasi pada mutu II SNI 01-3542-2004. Maka perlakuan yang dipilih untuk dilakukan analisis neraca massa dan kelayakan ekonomi adalah temperatur awal 210°C derajat penyangraian ringan-sedang sesuai yang dapat dilihat pada

Tabel 5. Perbandingan antara kualitas biji kopi pada penelitian ini dengan penelitian lainnya dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 5. Rekapitulasi data hasil uji

Table 5. Recapitulation of test data

Jenis Perlakuan	Kadar Air (%)	Kadar Kafein (g kafein/g kopi)	SNI 01-3542-2004
185 Ringan-Sedang	2,30±0,00 c	0,60±0,07	Mutu II
185 Sedang-Gelap	1,41±0,00 b	0,45±0,07	Mutu II (Paling dekat)
210 Ringan-Sedang	2,51±0,00 d	0,62±0,01	Mutu II
210 Sedang-Gelap	1,30±0,00 a	0,55±0,02	Mutu II

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata menurut uji Duncan taraf 5%

Note: Numbers followed by the same letters in each column are not significantly different according to Duncan test at 5% levels

Tabel 6. Perbandingan kualitas hasil sangrai pada berbagai penelitian

Table 6. Comparisons of roasting quality in various research variable

Sampel Kopi	Massa (kg)	Mesin sangrai	Kondisi		Tekanan gas (kPa)	Aktivitas Antioksidan (%)	Kafein (%)	Skor Cita Rasa	Sumber
			To (°C)	Derajat Sangrai					
Arabika Meksiko	-	R-105 Fuji Royal	220	-	1	48,79-64,89%	-	-	(Kwak <i>et al.</i> , 2017)
Arabika Brazil	0,2	Kn-8828-2 Hottop	180	Agtron 57,7-95,4	0,41	-	0,09	-	(Jung <i>et al.</i> , 2017)
Arabika Kintamani	6	Gene Cafe	220-250	a* 6,13-11,36	-	-	-	1,6-3,3/4	(Purnamayanti <i>et al.</i> , 2017)
Arabika Gunung Arjuno Proses Basah	3	Drum roaster	-	Sedang	-	-	-	74,4/9,75	(Wenny B. Sunarharum <i>et al.</i> , 2018)
Arabika Malaysia	-	-	222-226	Sedang-Gelap	-	-	1,1	-	(Mubarak <i>et al.</i> , 2019)
Arabika Singgalang	5	Berto	200-240	a* 6,07-11,02)	-	-	-	1,9-3,2/4	(Fadri <i>et al.</i> , 2019)
Robusta	0,25	Gene Cafe	-	-	-	58,13	2,17	-	(Saloko <i>et al.</i> , 2019)
Arabika Bourbon El Salvador	-	Aillio Bullet R1 Roaster	170	Agtron 27,8-66,6	-	-	0,18-0,76	-	(Kim <i>et al.</i> , 2020)
Robusta Sanggabuana	-	Drum roaster	200	-	-	-	1,9	-	(Wahyuni <i>et al.</i> , 2020)
Arabika Etiopia var. Yirgacheffe, Harar dan Sidama	1	BRZ Probat dan V3 IKAWA	-	Agtron 97,8-25,1	-	-	0,8-1,634	7,33-8,56	(Bolka & Emire, 2020)
Arabika Sigarar Utang Gunung Putri Proses Basah	5 kg	Toper	210	L*26,48	0,3	84,36	0,62	86,51/9,75	Penelitian ini

Analisis Neraca Massa

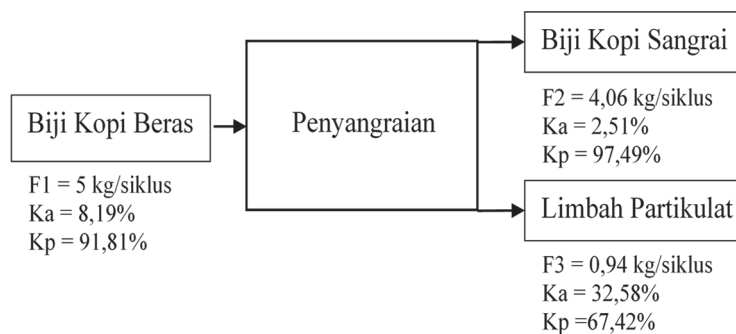
Aspek kualitas perlu diiringi dengan kuantitas yang baik. Salah satu cara menilai aspek kuantitas adalah dengan mengidentifikasi neraca massa produksi. Pengolahan sekunder kopi meliputi proses penyosohan, penyortiran dan penyangraian. Ketiga proses ini ditujukan untuk mengolah biji kopi gabah menjadi biji kopi sangrai. Neraca massa pengolahan sekunder biji kopi dapat dilihat pada Gambar 12.

Tahapan terakhir adalah penyangraian yang merupakan proses terpenting dari pengolahan kopi, bertujuan untuk meningkatkan cita rasa dari biji kopi.

Proses ini menggunakan temperatur tinggi, khususnya pada penelitian ini biji kopi melepaskan 11,46% limbah partikulat dan menghasilkan 76,78% biji kopi sangrai. Limbah partikulat merupakan konstituen yang terdiri dari uap air, kulit perak (*silver skin*), gas CO₂ dan kandungan volatil lainnya (Klingel *et al.*, 2020). Perhitungan massa limbah partikulat beserta kadar air dan kadar padatnya merupakan asumsi dari sisa pengurangan antara biji kopi sangrai terhadap biji kopi beras yang digambarkan pada Gambar 13.



Gambar 12. Diagram Alir blok pengolahan sekunder kopi
Figure 12. Block flow diagram of secondary coffee processing



Gambar 13. Diagram alir blok penyangraian kopi (F= Aliran massa; Ka= Kadar air; Kp= Kadar padatan)
Figure 13. Block flow diagram of secondary coffee processing (F= Mass flow; Ka=Water content; Kp= Solid content)

Analisis Kelayakan Ekonomi

Penelitian ini disimulasikan per-siklus produksi yang mampu menghasilkan 20 produk biji kopi sangrai dalam kemasan 200 gram. Kebutuhan bahan langsung pada produksi biji kopi sangrai adalah biji kopi beras, label dan kemasan kantung kapasitas 200 gram. Kebutuhan bahan tidak langsung terdiri dari listrik dan gas. Kebutuhan buruh langsung meliputi kegiatan penyangraian, pembubukan dan pengemasan. Kebutuhan buruh tidak langsung meliputi kegiatan perawatan mesin. Biji kopi sangrai yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki nilai cita rasa 86,51 (istimewa). Menurut Magalhães Júnior *et al.* (2021) kopi dengan nilai cita rasa 85-90 dapat dijual dengan harga US\$ 40,92/kg atau senilai dengan Rp573.352. Harga jual tersebut dapat memberikan keuntungan hingga empat

kali lipat untuk perusahaan karena mampu meningkatkan nilai tambah sejumlah 14 kali lipat sesuai yang dijabarkan pada Tabel 7.

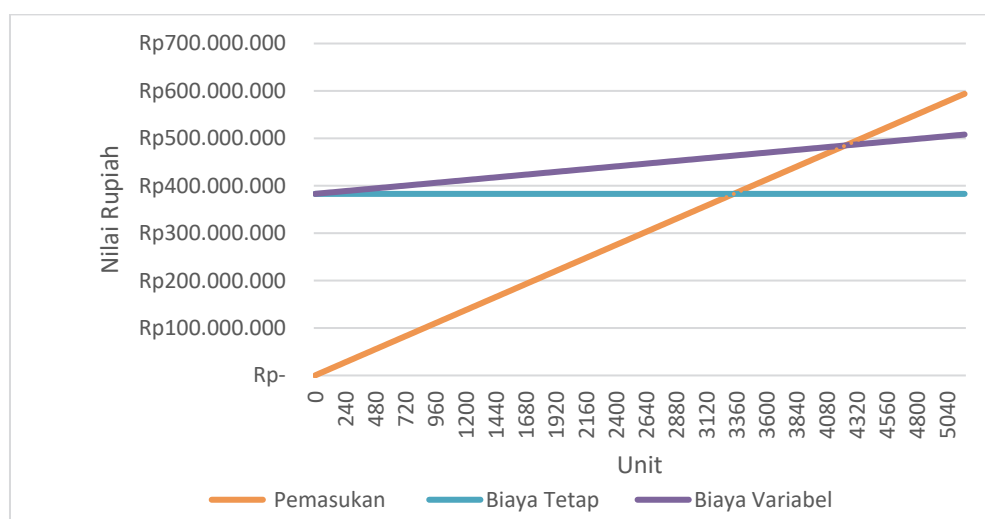
Setelah membahas mengenai harga pokok produksi yang merupakan representasi dari biaya variabel, selanjutnya adalah membahas kebutuhan biaya tetap. Tujuannya untuk mengetahui besarnya biaya yang dikeluarkan dalam memenuhi kebutuhan barang-barang tidak habis pakai. Pada usaha biji kopi sangrai terdapat tiga mesin utama yang membutuhkan biaya besar. Ketiga mesin tersebut di antaranya mesin penyangrai (*drum roaster*), mesin pembubuk (*grinder*) dan mesin pengemas. Khususnya mesin penyangrai yang digunakan pada penelitian ini bermerek Toper Drum Roaster, biaya yang dibutuhkan sebesar Rp375.000.000.

Tabel 7. Kebutuhan biaya produksi biji kopi sangrai
Table 7. Production cost of roasted coffee beans

Kebutuhan Biaya	Jumlah
Biaya Bahan Langsung	Rp298.000
Biaya Buruh Langsung	Rp57.750
Biaya Primer ^a	Rp355.750
Biaya Tak Langsung	Rp127.029
Biaya Komersial	Rp0
Harga Pokok Produk Per-Siklus ^b	Rp482.779
Harga Pokok Produk Per-Produk	Rp24.139
Keuntungan	375%
Harga Jual	Rp114.670
PPN	10%
Harga Setelah PPN	Rp126.137

Keterangan: a) Jumlah antara biaya bahan langsung dan biaya buruh langsung; b) Jumlah biaya primer, biaya tak langsung dan biaya komersial.

Note: a) The sum of direct material costs and direct labor cost; b) The sum of primary costs, indirect costs and commercial costs.



Gambar 14. Titik impas produksi biji kopi sangrai Arabika Sigarar Utang Gunung Putri
Figure 14. Break even point of Arabica Sigarar Utang Gunung Putri roasted coffee beans production

Tabel 8. Analisis kelayakan ekonomi produksi biji kopi sangrai Arabika Sigarar Utang Gunung Putri
Table 8. Techno-economic analysis of Arabica Sigarar Utang Gunung Putri roasted coffee beans production

Indikator Kelayakan Usaha	Jumlah
Biaya Tetap	Rp382.926.000
Biaya Variabel	Rp24.139
Produk Per-Siklus	20
Harga Jual	Rp114.670
BEP unit	4230
BEP harga	Rp382.926.000
BEP siklus	212
Rasio B/C	4,75

Pada Tabel 8 terlihat bahwa besarnya biaya tetap pada produksi biji kopi Arabika Sigarar Utang Gunung Putri tidak menghambat kelayakan ekonomi usaha. Hal tersebut dikarenakan tingginya nilai jual dari biji kopi sangrai, sehingga titik impas (BEP) dapat diperoleh sebelum satu tahun apabila perusahaan

memutuskan untuk melakukan satu siklus produksi per-harinya (Gambar 14). Selain itu kelayakan ekonomi dapat dilihat dari besar rasio untung-biaya (*b/c ratio*) yang memiliki indikator kelayakan rasio lebih dari satu. Penyangraian kopi Arabika Sigarar Utang Gunung Putri pada penelitian ini dinyatakan layak.

KESIMPULAN

Metode penyangraian kompleks dengan temperatur awal 210 °C dan derajat penyangraian ringan-sedang menghasilkan mutu kopi Sigarar Utang paling mendekati mutu I SNI 01-3542-2004. Biji kopi sangrai yang dihasilkan memiliki cita rasa istimewa (skor 86,51), sehingga dapat memberikan nilai tambah yang tinggi. Nilai kelayakan ekonomi produksi sangat meyakinkan sehingga layak untuk diadopsi oleh industri kopi skala kecil-menengah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar yang telah memfasilitasi seluruh kebutuhan penelitian ini.

KONTRIBUSI PENULIS

1. Muhammad Rifqi Maulid (Kontributor Utama)
2. Eko Heri Purwanto (Kontributor Utama)
3. Efri Mardawati (Kontributor Anggota)
4. Budi Mandra Harahap (Kontributor Anggota)
5. Saefudin (Kontributor Anggota).

DAFTAR PUSTAKA

- Adiwinata, D., AR, M., & Saifi, M. (2017). Analisis Return on Investment (ROI) dan Residual Income (RI) guna menilai kinerja keuangan perusahaan (Studi pada PT Nippon Indosari Corpindo, Tbk yang terdaftar di bursa efek Indonesia periode 2012-2015). *Jurnal Administrasi Bisnis S1 Universitas Brawijaya*, 45(1), 111–117.
- Anisa, A., Solomon, W. K., & Solomon, A. (2017). Optimization of roasting time and temperature for brewed hararghe coffee (*Coffea arabica* L.) using central composite design. *International Food Research Journal*, 24(6), 2285–2294.
- Asiah, N., Aqil, M., Dwiranti, N. S., David, W., & Ardiansyah, A. (2019). Sensory and chemical changes of cold and hot brew Arabica coffee at various resting time. *Asia Pacific Journal of Sustainable Agriculture, Food and Energy*, 7(2), 2017–2020. <https://doi.org/10.36782/apjsafe.v7i2.1948>
- Bolka, M., & Emire, S. (2020). Effects of coffee roasting technologies on cup quality and bioactive compounds of specialty coffee beans. *Food Science and Nutrition*, 8(11), 6120–6130. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1904>
- Budijanto, S., Sitanggang, A. B., & Murdiati, W. (2011). Karakterisasi sifat fisiko-kimia dan fungsional isolat protein biji Kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus* L.). *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 22(2), 130–136.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2019). *Produksi Kopi Menurut Provinsi di Indonesia, 2015-2019*. Direktorat Jenderal Perkebunan - Kementerian Pertanian. pertanian.go.id/home/?show=page&act=view&id=61
- Fadri, R. A., Sayuti, K., Nazir, N., & Suliansyah, I. (2019). The effect of temperature and roasting duration on physical characteristics and sensory quality of Singgalang Arabica coffee (*Coffea Arabica*) agam regency. *Journal of Applied Agricultural Science and Technology*, 3(2), 189–201. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.967.113>
- Flament, I. (2001). *Coffee Flavor Chemistry*. Wiley. <https://books.google.co.id/books?id=NQi1LYjxFvU>
- Geankoplis, C. J. (1993). Transport Process and Unit Operations, 3rd Ed. In *Transport Process and Unit Operations*.
- Gloess, A. N., Yeretizian, C., Knochenmuss, R., & Groessl, M. (2018). Evidence of different flavour formation dynamics by roasting coffee from different origins: On-line analysis with PTR-TOF-MS. *International Journal of Mass Spectrometry*, 424, 49–57. <https://doi.org/10.1016/j.ijms.2017.11.017>
- Gloess, A. N., Vietri, A., Wieland, F., Smrke, S., Schönbächler, B., López, J. A. S., Petrozzi, S., Bongers, S., Koziorowski, T., & Yeretizian, C. (2014). Evidence of different flavour formation dynamics by roasting coffee from different origins: On-line analysis with PTR-ToF-MS. *International Journal of Mass Spectrometry*, 365–366, 324–337. <https://doi.org/10.1016/j.ijms.2014.02.010>
- Jung, S., Kim, M. H., Park, J. H., Jeong, Y., & Ko, K. S. (2017). Cellular antioxidant and anti-inflammatory effects of coffee extracts with different roasting levels. *Journal of Medicinal Food*, 20(6), 626–635. <https://doi.org/10.1089/jmf.2017.3935>
- Kastaman, R. (2004). *Ekonomi Teknik untuk Pengembangan Kewirausahaan*. Pustaka Giratuna dan ELOC-Universitas Padjadjaran.
- Kim, I., Jung, S., Kim, E., Yun, H. Y., Zhang, S., Ha, J. H., & Jeong, Y. (2020). Physicochemical characteristics of El Salvadoran coffea Arabica cv. Bourbon coffee extracts with various roasting conditions. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 52(3), 212–219. <https://doi.org/10.3839/10.9721/KJFST.2020.52.3.212>

- Klingel, T., Kremer, J. I., Gottstein, V., De Rezende, T. R., Schwarz, S., & Lachenmeier, D. W. (2020). A review of coffee by-products including leaf, flower, cherry, husk, silver skin, and spent grounds as novel foods within the European union. *Foods*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/foods9050665>
- Kwak, H. S., Ji, S., & Jeong, Y. (2017). The effect of air flow in coffee roasting for antioxidant activity and total polyphenol content. *Food Control*, 71(October), 210–216. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.06.047>
- Magalhães Júnior, A. I., de Carvalho Neto, D. P., de Melo Pereira, G. V., da Silva Vale, A., Medina, J. D. C., de Carvalho, J. C., & Soccol, C. R. (2021). A critical techno-economic analysis of coffee processing utilizing a modern fermentation system: Implications for specialty coffee production. *Food and Bioprocess Processing*, 125, 14–21. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.10.010>
- Mubarak, A., Croft, K. D., Bondonno, C. P., Cowan, E., & Din, N. S. (2019). Comparison of Liberica and Arabica coffee: Chlorogenic acid, caffeine, total phenolic and DPPH radical scavenging activity. *Asian Journal of Agriculture and Biology*, 7(1), 130–136.
- Musa, B. P., Charnia, I. R., & Salma, S. (2019). The effect of temperature and duration roasting of the physical characteristics of Arabica coffee. *Green Materials and Technology*, 967, 113–117. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.967.113>
- Nagaraju, V. D., Murthy, C. T., Ramalakshmi, K., & Srinivasa Rao, P. N. (1997). Studies on roasting of coffee beans in a spouted bed. *Journal of Food Engineering*, 31(2), 263–270. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(96\)00026-X](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(96)00026-X)
- Nielsen, S. (2010). *Food Analysis* (4th editio). Springer. <https://doi.org/dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-1478-1>
- Purnamayanti, N. P. A., Gunadnya, I. B. P., & Arda, G. (2017). Pengaruh suhu dan lama penyangraian terhadap karakteristik fisik dan mutu sensori kopi Arabika (*Coffea arabica* L.). *Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Unud*, 5(2), 39–48.
- Rao, N. Z., & Fuller, M. (2018). Acidity and antioxidant activity of cold brew coffee. *Scientific Reports*, 8(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-34392-w>
- Saefudin, & Wardiana, E. (2013). Pengaruh varietas dan tingkat kematangan buah terhadap perkecambahan dan fisik benih kopi Arabika. *Buletin RISTRI*, 4(3), 245–256.
- Saloko, S., Sulastri, Y., Murad, & Rinjani, M. A. (2019). The effects of temperature and roasting time on the quality of ground Robusta coffee (*Coffea Robusta*) using Gene Café roaster. *AIP Conference Proceedings*, 2199(December). <https://doi.org/10.1063/1.5141310>
- Samoggia, A., & Riedel, B. (2019). Consumers' perceptions of coffee health benefits and motives for coffee consumption and purchasing. *Nutrients*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/nu11030653>
- Schenker, S., Heinemann, C., Huber, M., Pompizzi, R., Perren, R., & Escher, F. (2002). Impact of roasting conditions on the formation of aroma compounds in coffee beans. *Journal of Food Science*, 67(1), 60–66. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb11359.x>
- Somporn, C., Kamtuo, A., Theerakulpisut, P., & Siriamornpun, S. (2011). Effects of roasting degree on radical scavenging activity, phenolics and volatile compounds of Arabica Coffee Beans (*Coffea arabica* L. cv. Catimor). *International Journal of Food Science and Technology*, 46(11), 2287–2296. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02748.x>
- Specialty Coffee Association of America. (2015). SCAA Protocols cupping specialty coffee. *Specialty Coffee Association of America*, 1–10. <http://www.scaa.org/?page=resources&d=coffee-protocols>
- Sunarharum, W. B., Yuwono, S. S., & Aziza, O. F. (2019). Study on the effect of roasting temperature on antioxidant activity of early-roasted Java coffee powder (Arabica and Robusta). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 230(1), 0–6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/230/1/012045>
- Sunarharum, Wenny B., Yuwono, S. S., & Nadhiroh, H. (2018). Effect of different post-harvest processing on the sensory profile of Java Arabica coffee. *Advances in Food Science, Sustainable Agriculture and Agroindustrial Engineering*, 1(1), 9–14. <https://doi.org/10.21776/ub.afssaae.2018.001.01.2>
- Tarigan, E. B., Iflah, T., & Purwanto, E. H. (2020). Pengaruh starter dan lama fermentasi terhadap kandungan kimia dan citarasa kopi Arabika Gunung Putri. *Peran Pangan Fungsional Dan Nutrasetikal Dalam Meningkatkan Sistem Imun Mencegah Covid - 19*.

- Tarigan, E., & Towaha, J. (2017). Penyangraian biji kopi terhadap karakter fisikokimia kopi Robusta. *Journal of Industrial and Beverage Crops*, 4(November), 163–170.
- Vignoli, J. A., Viegas, M. C., Bassoli, D. G., & Benassi, M. de T. (2014). Roasting process affects differently the bioactive compounds and the antioxidant activity of Arabica and Robusta coffees. *Food Research International*, 61, 279–285. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.06.006>
- Wahyudi, T., Pujiyanto, & Misnawi. (2016). *KOPI : Sejarah, Botani, Proses Produksi, Pengolahan, Produk Hilir Dan Sistem Kemitraan* (1st ed.). Gadjah Mada University Press.
- Wahyuni, N. L. E., Rspiandi, R., & Hariyadi, T. (2020). Effect of bean maturity and roasting temperature on chemical content of Robusta coffee. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 830(2). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/830/2/022019>
- Workman, D. (2020). *Coffee Exports by Country*. <http://www.worldstopexports.com/coffee-exports-country/>
- Yeretzian, C., Jordan, A., Badoud, R., & Lindinger, W. (2002). From the green bean to the cup of coffee: Investigating coffee roasting by on-line monitoring of volatiles. *European Food Research and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s00217-001-0424-7>
- Zulnadi, & Indovilandri, I. (2016). Rancang bangun alat mesin Hammer Mill untuk pengolahan jagung pakan. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 20(1), 35–43.

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops
Volume 8, Nomor 1, Maret 2021

**PENGUJIAN UMUR SIMPAN KOPI ARABIKA BUBUK PADA JENIS KEMASAN
DAN SUHU SIMPAN YANG BERBEDA**

***THE SHELF LIFE TEST OF GROUND ARABICA COFFEE IN DIFFERENT PACKAGING TYPES
AND STORAGE TEMPERATURES***

* Elsera Br Tarigan, Edi Wardiana, Handi Supriadi

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
Jalan Raya Pakuwon Km 2, Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia
* elseraborutarigan@gmail.com

(Tanggal diterima: 1 Maret 2021, direvisi: 23 Maret 2021, disetujui terbit: 30 Maret 2021)

ABSTRAK

Kopi merupakan minuman penyegar yang banyak dikonsumsi masyarakat dunia. Untuk meningkatkan umur simpan kopi bubuk, maka diperlukan teknik pengemasan yang baik dan suhu simpan yang optimal. Penelitian bertujuan menganalisis umur simpan kopi Arabika bubuk yang disimpan pada jenis kemasan dan suhu yang berbeda. Penelitian dilakukan di kebun kopi rakyat di Kabupaten Garut dan di Laboratorium Terpadu, Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, Sukabumi, mulai Juni sampai Agustus 2018. Rancangan yang digunakan adalah acak lengkap pola faktorial 3 faktor, diulang 2 kali. Faktor pertama adalah jenis kemasan yang terdiri dari 3 taraf: kemasan aluminium foil tebal 65 μ (AF65), kemasan aluminium foil tebal 130 μ (AF130), dan kemasan laminasi tebal 144 μ (L144). Faktor kedua adalah suhu penyimpanan yang terdiri dari 3 taraf: 25 °C, 35 °C, dan 45 °C, dan faktor ketiga adalah lama penyimpanan yang terdiri dari 5 taraf: kopi tanpa disimpan dan disimpan 2 minggu, 4 minggu, 6 minggu, dan 8 minggu. Peubah yang diamati adalah kadar air dan kadar lemak, serta analisis umur simpan menggunakan metode ASLT (*Accelerated Shelf Life Test*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa selama penyimpanan terjadi peningkatan kadar air dan penurunan kadar lemak kopi. Kadar lemak merupakan peubah kritis dalam menentukan umur simpan kopi. Umur simpan kopi yang dikemas AF130 lebih lama dibandingkan dengan AF65 dan L144. Untuk meningkatkan umur simpannya, maka kopi yang dikemas dengan AF130 dan L144 sebaiknya disimpan pada suhu 45 °C, sedangkan yang dikemas dengan AF65 sebaiknya disimpan pada suhu 25 °C.

Kata kunci: ASLT; energi aktivasi, kadar air; kadar lemak; persamaan Arrhenius

ABSTRACT

Coffee is a beverage that is widely consumed around the world. Proper packaging and storage temperature may extend shelf life of ground coffee. The study aimed to analyze the shelf life of ground Arabica coffee stored in different packaging types and temperature, conducted at smallholder coffee plantations in Garut Regency and the Integrated Laboratory of Indonesian Industrial and Beverage Crops Research Institute, Sukabumi, from June to August 2018. A completely randomized design in factorial was used with 3 factors and 2 replications. The first factor was the packaging type which consisted of 3 types: thick aluminium foil 65 μ (AF65), thick aluminium foil 130 μ (AF130), and thick lamination 144 μ (L144). The second factor was the storage temperature which consisted of 3 levels: 25 °C, 35 °C, and 45 °C, while the third factor was the storage period which consisted of 5 levels: coffee unstored, and coffee stored for 2 weeks, 4 weeks, 6 weeks, and 8 weeks. The variables observed were the water and fat content, and the analysis of shelf life was carried out using the ASLT (*Accelerated Shelf Life Test*) method. The results showed that during storage, the water

content increased, whereas the fat content decreased. Fat content is a critical variable in determining the shelf life of coffee. The coffee in AF130 packaging has longer shelf life than in AF65 and L144. To extend the shelf life of coffee packaged in AF130 and L144 is best kept at 45 °C whereas coffee in AF65 packaging is ideally at 25 °C.

Keywords: Activation energy; Arrhenius equation; ASLT; fat content; water content

PENDAHULUAN

Kopi dikenal sebagai minuman dari kelompok bahan penyegar dan hingga saat ini banyak dikonsumsi di dunia. Sejak tahun 2017/2018 sampai 2020/2021 konsumsi kopi di tingkat dunia meningkat sekitar 1,1% (Internattional Coffee Organization, 2021). Atribut sebagai minuman penyegar tentunya harus dipertahankan sedemikian rupa oleh pihak produsen agar kopi tetap menjadi produk minuman pilihan para konsumen.

Penyimpanan kopi yang kurang tepat sangat kritikal dalam industri perkopian yang berpotensi menurunkan mutu kopi. Stabilitas dan lama simpan kopi sangat dipengaruhi faktor dalam (intrinsik) dan luar (ekstrinsik). Faktor intrinsik meliputi luas permukaan bahan, bahan tambahan lain, suhu, aktifitas air, pH, formulasi dan sebagainya. Adapun faktor ekstrinsik meliputi tekanan, suhu, kelembaban relatif, tekanan parsial oksigen, dan cahaya (Manzocco, Calligaris, Anese, & Nicoli, 2016). Upaya pengelolaan kedua faktor tersebut sangat penting dalam mempertahankan mutu kopi bubuk selama mungkin.

Kemasan merupakan salah satu faktor dalam proses pengolahan yang memegang peranan penting untuk mempertahankan kesegaran kopi. Bahan kemasan yang cocok untuk kopi harus memiliki permeabilitas oksigen yang baik dan mampu menahan tinta label (Kiyoi, 2010). Salah satu permasalahan dalam teknik pengemasan kopi adalah terjadinya proses pengembangan. Dikemukakan bahwa teknologi pengemasan yang dimanfaatkan untuk mengatasi gas yang keluar dari biji kopi selama penyimpanan adalah kemasan yang berkatup satu arah (Poltronieri & Rossi, 2016). Kemasan seperti ini dapat mengeluarkan gas CO₂ secara perlahan selama penyimpanan, namun gas dari luar tidak dapat masuk ke dalam produk (Cowell, 2018). Saat ini terdapat beragam bahan kemasan yang berkembang di pasaran, tetapi pada umumnya kemasan tersebut terbuat dari bahan aluminium, LDPE (*low density polyethylene*), PET (*polyethylene terephthalate*), dan PP (*polypropylene*) (Kiyoi, 2010). Terdapat juga kemasan laminasi yang merupakan perpaduan dari beberapa lapisan kemasan. Laminasi merupakan salah satu alternatif teknik pengemasan produk dengan tujuan untuk meningkatkan ketahanan kemasan terhadap air, uap, dan/atau tekanan melalui pemberian lapisan film

plastik ke lembaran kertas, tenun, dan lain sebagainya (Zafrina, 2012).

Penggunaan berbagai jenis bahan kemasan untuk kopi Arabika bubuk dan dikombinasikan dengan perlakuan suhu penyimpanannya diduga akan menghasilkan umur simpan kopi yang berbeda-beda, seperti hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Landge, Chavan, Kulkarni, & Khedkar (2009); Abong, Okoth, Imungi, & Kabira (2011a); Abong, Okoth, Imungi, & Kabira (2011b); Adetunji & Chen (2011); Holper, Buffon, Ebeler, & Heymann (2013); Sualeh, Daba, Kiflu, & Mohammed (2016); Kamau *et al.* (2017); Hadadinejad, Ghasemi, & Mohammadi (2018); dan Martínez, Schvezov, Brumovsky, & Román (2018).

Untuk mengevaluasi lamanya umur simpan kopi bubuk, dapat dilakukan melalui penelusuran jumlah mikrobia, perubahan komponen dan konsentrasi molekul bioaktif, ataupun dari persepsi maupun penolakan konsumen (Manzocco, Calligaris, Anese, & Nicoli, 2016). Salah satu metode yang dapat digunakan dalam perhitungan umur simpan suatu produk, termasuk di dalamnya kopi, adalah metode ASLT (*Accelerated Shelf Life Tests*) yang didasarkan pada pola perubahan parameter mutu secara linier terhadap lama waktu simpan (Nicoli, Manzocco, & Calligaris, 2013; Tušek, Benković, & Bauman, 2015; Arif, 2016; Benković & Tušek, 2018).

Kadar air, dan juga kadar lemak yang merupakan bagian dari lipid, adalah sebagian dari komponen bioaktif yang dijadikan sebagai parameter penting dalam menilai mutu kopi bubuk (Alpizar, Vaast, & Bertrand, 2004; Speer & Kölling-Speer, 2006; Toci, Neto, Torres, & Farah, 2013; Gichimu, Gichuru, Mamati, & Nyende, 2014). Kadar air yang berlebihan akan dapat mempercepat laju reaksi hidrolisis yang dapat mempercepat penurunan mutu kopi. Menurut SNI 01-3542-2004 tentang kopi bubuk, kadar air maksimum untuk kopi Arabika adalah sebesar 7% (Badan Standardisasi Nasional, 2004). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis umur simpan kopi Arabika bubuk yang disimpan dengan jenis kemasan dan suhu yang berbeda didasarkan pada perubahan kadar air dan lemak selama penyimpanan.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni sampai Agustus 2018, bertempat di Laboratorium Terpadu, Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri) dan perkebunan kopi rakyat di Desa Pangauban, Kecamatan Cisarupan, Kabupaten Garut, Jawa Barat.

Bahan

Buah kopi yang digunakan adalah kopi Arabika kultivar Sigarar Utang yang diperoleh dari kebun petani di Desa Pangauban, Kecamatan Cisarupan, Kabupaten Garut. Bahan pengemas kopi Arabika bubuk terdiri atas kemasan aluminium foil dengan ketebalan 65 μ tanpa katup (AF65), aluminium foil dengan ketebalan 130 μ tanpa katup (AF130), dan kemasan laminasi dengan ketebalan 144 μ (polyethylene 80 μ + metalize 12 μ + kertas kraft 52 μ) berkatup (L144). Bahan kimia yang digunakan meliputi aquades, CaCO₃, kloroform dan heksana.

Preparasi dan Penyimpanan Sampel

Kopi hasil panen “petik merah” diolah dengan cara basah melalui tahapan *pulping*, fermentasi, pencucian dan pengeringan di bawah sinar matahari hingga kadar air <12% mengacu pada SNI 01-2907-2008 (Badan Standardisasi Nasional, 2008). Kopi gabah kering dihilangkan lapisan *endocarp* dan kulit peraknya menggunakan huller sehingga dihasilkan kopi beras. Kopi beras sangrai dengan alat/mesin sangrai pada suhu 180 °C selama 15 menit. Biji kopi sangrai kemudian digiling sehingga dihasilkan bubuk kopi dengan ukuran 24 mesh, ditimbang masing-masing 100 g dan dimasukkan ke dalam tiga jenis kemasan yaitu AF65, AF130, dan L144. Bubuk kopi yang telah dikemas kemudian disimpan pada tiga suhu yaitu suhu 25 °C (dalam inkubator) serta suhu 35 °C dan 45 °C (dalam oven) selama 8 minggu. Kelembaban relatif (RH) di sekitar ruang simpan sekitar 85% - 95%.

Rancangan Penelitian dan Analisis Data

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap pola faktorial, 3 faktor. Faktor pertama adalah jenis kemasan (JK) yang terdiri dari 3 jenis, yaitu: kemasan AF65, AF130, dan L144. Faktor kedua adalah suhu penyimpanan (SP) yang terdiri dari 3 taraf, yaitu: 25 °C, 35 °C, dan 45 °C. Faktor ketiga adalah lama penyimpanan (LP) yang terdiri dari 5 taraf, yaitu: tanpa disimpan (0 minggu), disimpan 2 minggu, 4 minggu, 6 minggu, dan 8 minggu.

Peubah yang diamati adalah kadar air dan lemak yang dilakukan pada sampel masing-masing

sebanyak 5 g dengan 2 kali ulangan, sehingga jumlah total satuan percobaan ini adalah 3x3x5x2 = 90 unit. Kadar air diukur menggunakan metode gravimetri dan dengan perhitungan selisih bobot awal dengan bobot akhir setelah dikeringkan dengan oven sampai bobot yang konstan (Badan Standardisasi Nasional, 2008), sedangkan kadar lemak ditetapkan melalui metode Soxhlet (AOAC, 1995).

Penentuan umur simpan dilakukan dengan metode ASLT (*Accelerated Shelf Life Test*) melalui pendekatan regresi linier (persamaan 1) dan persamaan Arrhenius (persamaan 2). Umur simpan ditentukan melalui persamaan (3), sedangkan untuk mengukur besarnya peningkatan energi aktivasi setiap peningkatan suhu sebesar 10 °C digunakan persamaan (4) (Nicoli *et al*, 2013; Tušek *et al*, 2015; Arif, 2016; Benković & Tušek, 2018).

$$Y = a + bX \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

Y = peubah mutu yang diukur

X = waktu simpan

b = kemiringan (*slope*)

a = intersep

$$\ln K = \ln K_0 - E_a/R(1/T) \dots\dots\dots(2)$$

$$U_s = (y_o - y_t)/KT \dots\dots\dots(3)$$

$$Q_{10} = e^{E_a(T1-T2)/RT1T2} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

K = konstanta penurunan suhu

K₀ = konstanta (tidak bergantung pada suhu)

E_a = energi aktivasi (kalori/mol)

T = suhu mutlak (K)

R = konstanta gas (1,986 kal/mol)

U_s = umur simpan

y_o = nilai peubah mutu pada perlakuan tanpa penyimpanan

y_t = nilai peubah mutu pada perlakuan penyimpanan t-waktu

Q₁₀ = kenaikan kalori setiap peningkatan suhu 10 °C

T1 = suhu ke-1 (°C)

T2 = suhu ke-2 (°C)

Tahapan-tahapan analisis data untuk menentukan umur simpan kopi Arabika bubuk adalah sebagai berikut:

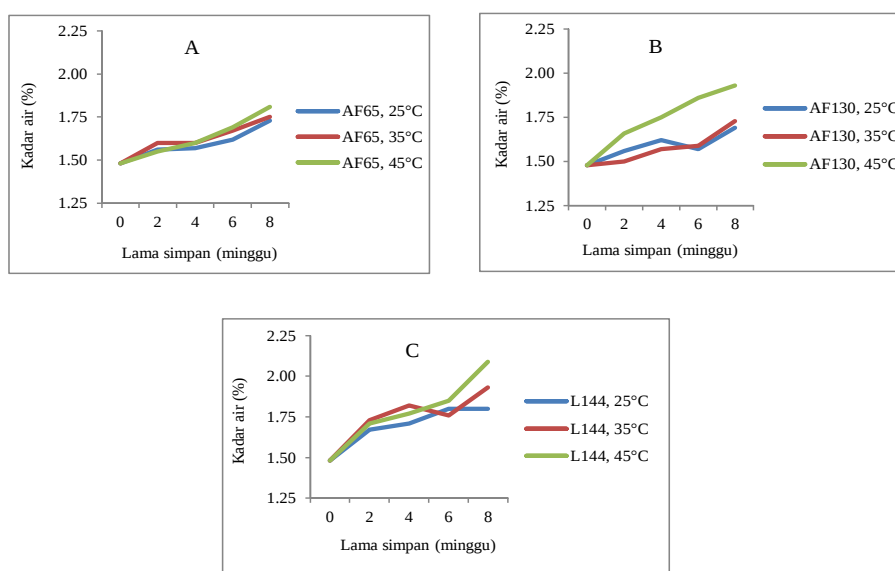
1. Melakukan analisis regresi linier antara lama simpan sebagai peubah bebas (X) dengan kadar air dan kadar lemak sebagai peubah tak bebas (Y) sesuai dengan persamaan (1), dan regresi ini merupakan regresi Ordo 0. Adapun untuk regresi Ordo 1 dilakukan dengan data-data yang telah di Ln-kan (log naturalkan).
2. Memilih regresi Ordo 0 atau 1 berdasarkan nilai koefisien determinasi (R^2). Ordo reaksi yang terpilih adalah yang memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) lebih besar.
3. Melakukan analisis regresi antara data $1/T$ sebagai peubah bebas dengan data Ln K (K = nilai kemiringan yang diperoleh dari regresi pada poin 1 dan 2) sebagai peubah terikat. Persamaan regresi ini merupakan persamaan Arrhenius seperti yang tercantum pada persamaan (2).
4. Mengukur besarnya nilai satuan penurunan mutu (K_x) dan besarnya energi aktivasi (E_a) sebagai akibat proses penyimpanan dengan menggunakan persamaan (2), serta menentukan lamanya umur simpan melalui penggunaan persamaan (3). Adapun untuk mengukur besarnya nilai E_a untuk setiap peningkatan suhu 10°C maka digunakan persamaan (4).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan Kadar Air dan Lemak Selama Penyimpanan

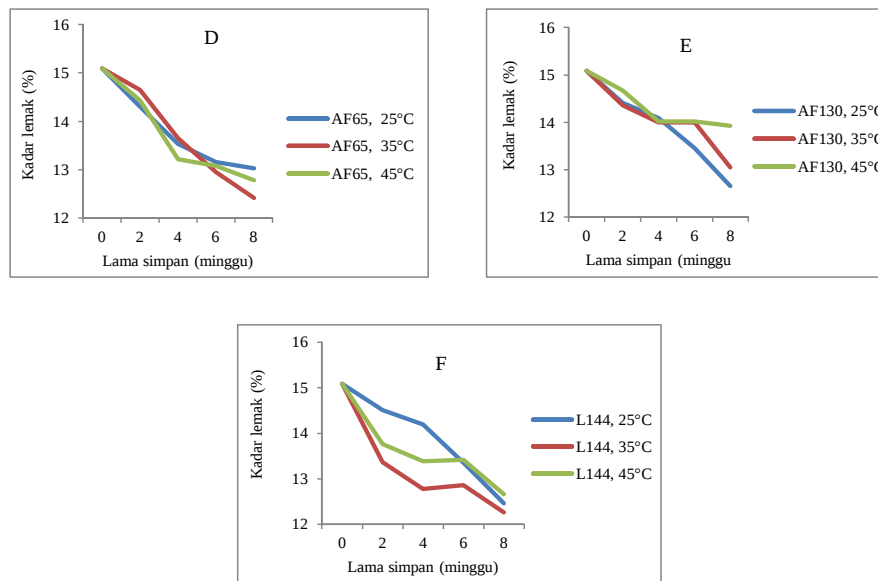
Hasil pengamatan terhadap kadar air dan lemak kopi bubuk selama 8 minggu penyimpanan menunjukkan adanya peningkatan kadar air dan penurunan kadar lemak. Adanya garis yang saling berpotongan pada saat terjadinya perubahan kadar air dan lemak selama penyimpanan menunjukkan adanya efek interaksi antara ketiga jenis kemasan dengan ketiga suhu simpan yang menjadi perlakuan dalam percobaan ini (Gambar 1 dan 2). Efek interaksi ini menunjukkan bahwa pengaruh perlakuan ketiga jenis kemasan (JK) terhadap proses perubahan kadar air dan lemak kopi Arabika bubuk dipengaruhi juga oleh tinggi-rendahnya suhu penyimpanan (SP). Adanya interaksi antara JK dengan SP ini dikemukakan juga oleh Landge *et al.* (2009); Abong *et al.* (2011a); Abong *et al.* (2011b); Adetunji & Chen (2011); Holper *et al.* (2013); Sualeh *et al.* (2016); Kamau *et al.* (2017); Hadadinejad *et al.* (2018); dan Martínez *et al.* (2018).

Atas dasar pernyataan di atas, maka dalam analisis berikutnya, yaitu analisis untuk mengukur energi aktivasi dan umur simpan produk kopi Arabika bubuk, akan dilakukan terhadap efek interaksi antar kedua perlakuan tersebut (JK x SP). Langkah awal dalam pengukuran energi aktivasi dan umur simpan kopi Arabika bubuk melalui metode ASLT adalah analisis regresi antara lama simpan dengan kadar air dan lemak kopi pada masing-masing perlakuan JK x SP.



Gambar 1. Peningkatan kadar air kopi Arabika bubuk yang disimpan selama 8 minggu pada kemasan AF65 (A), AF130 (B), dan L144 (C) dengan suhu masing-masing 25°C , 35°C , dan 45°C

Figure 1. Increasing of water content of ground Arabica coffee stored for 8 weeks in packs of AF65 (A), AF130 (B), and L144 (C) with temperatures of 25°C , 35°C , and 45°C respectively



Gambar 2. Penurunan kadar lemak kopi Arabika bubuk yang disimpan selama 8 minggu pada kemasan AF65 (D), AF130 (E), dan L144 (F) dengan suhu masing-masing 25 °C, 35 °C, dan 45 °C

Figure 2. Decreasing of fat content of ground Arabica coffee stored for 8 weeks in packs of AF65 (D), AF130 (E), and L144 (F) with temperatures of 25 °C, 35 °C, and 45 °C respectively

Analisis umur simpan suatu produk dengan metode ASLT didasarkan pada adanya regresi linier antara mutu produk tertentu (dalam hal ini kadar air dan lemak) dengan waktu simpan. Data-data yang diregresikan adalah berupa data asli untuk reaksi ordo 0 (nol) dan data Ln (log natural) untuk reaksi ordo 1 (satu). Hasil analisis regresi pada Tabel 1 menunjukkan bahwa kadar air kopi Arabika bubuk yang disimpan selama 8 minggu nyata ($p < 0,05$) dan sangat nyata ($p < 0,01$) meningkat secara linier, sedangkan kadar lemak menurun secara linier. Peningkatan kadar air ditandai oleh indeks yang positif, sedangkan penurunan kadar lemak ditandai dengan indeks yang negatif pada nilai kemiringan (K). Selanjutnya, berdasarkan besaran nilai R^2 regresi pada kedua peubah yang diamati, maka ordo reaksi yang terpilih hampir seluruhnya adalah ordo 0 karena R^2 ordo 0 lebih relatif besar daripada R^2 ordo 1, kecuali pada peubah kadar air untuk kemasan AF65 dan AF130 yang terpilih adalah ordo 1.

Penurunan Mutu (K_x)

Persamaan Arrhenius dalam metode ASLT dapat digunakan untuk menentukan nilai satuan

penurunan mutu produk (K_x ; x adalah suhu), besarnya energi aktivasi (E_a) untuk setiap peubah mutu, dan lamanya waktu simpan produk. Besarnya penurunan mutu untuk masing-masing jenis kemasan pada suhu tertentu tercantum pada Tabel 2. Dalam penelitian ini, terjadinya penurunan mutu kopi Arabika bubuk disebabkan karena adanya peningkatan kadar air (Tabel 1, nilai K dengan indeks positif) dan/atau penurunan kadar lemak (Tabel 1, nilai K dengan indeks negatif).

Nilai satuan penurunan mutu (K_x) untuk peubah kadar lemak kopi bubuk yang disimpan pada kemasan dan suhu tertentu ternyata lebih tinggi (0,17649-0,31910) dibandingkan dengan nilai K_x untuk peningkatan kadar air (0,01817-0,05818) (Tabel 2). Khusus untuk kadar lemak, nilai K_x perlakuan kemasan AF130 lebih rendah (0,17649-0,27537) dibandingkan dengan kemasan AF65 dan L144 (0,28004-0,31910). Selanjutnya pada kemasan AF130 dan L144, semakin tinggi suhu penyimpanan maka semakin rendah nilai K_x -nya, tetapi sebaliknya untuk kemasan AF65 (Tabel 2). Hal ini pun membuktikan adanya interaksi antara perlakuan JK dengan SP seperti yang ditampilkan pada Gambar 1 dan 2.

Tabel 1. Hasil analisis regresi linier antara lama simpan dengan kadar air dan lemak kopi Arabika bubuk yang disimpan pada kemasan dan suhu yang berbeda

Table 1. Results of linear regression analysis between shelf life and water and fat content of ground Arabica coffee stored in different packages and temperatures

Jenis kemasan	Suhu simpan (°C)	Nilai peluang (p)	Nilai R ²	Kemiringan (K)	Intersep	Ordo reaksi
..... (Kadar air).....						
Alumunium foil tebal 65μ, tidak berkatup (AF65)	25	0,009 **	0,92	0,028	1,480	Ordo 0
		0,007 **	0,93	0,018	0,390	Ordo 1
	35	0,012 *	0,90	0,031	1,512	Ordo 0
		0,014 *	0,90	0,019	0,412	Ordo 1
	45	0,002 **	0,97	0,040	1,466	Ordo 0
		0,001 **	0,98	0,024	0,386	Ordo 1
Alumunium foil tebal 130μ, tidak berkatup (AF130)	25	0,008 **	0,93	0,024	1,498	Ordo 0
		0,008 **	0,93	0,015	0,402	Ordo 1
	35	0,015 *	0,89	0,030	1,456	Ordo 0
		0,015 *	0,90	0,019	0,378	Ordo 1
	45	0,002 **	0,97	0,055	1,516	Ordo 0
		0,004 **	0,97	0,033	0,418	Ordo 1
Laminasi tebal 144μ, berkatup (L144)	25	0,024 *	0,86	0,039	1,538	Ordo 0
		0,026 *	0,85	0,024	0,428	Ordo 1
	35	0,046 *	0,78	0,047	1,558	Ordo 0
		0,049 *	0,77	0,028	0,442	Ordo 1
	45	0,006 **	0,94	0,068	1,508	Ordo 0
		0,006 **	0,94	0,039	0,416	Ordo 1
..... (Kadar lemak).....						
Alumunium foil tebal 65μ, tidak berkatup (AF65)	25	0,009 **	0,93	-0,263	14,878	Ordo 0
		0,010 *	0,92	-0,018	2,696	Ordo 1
	35	0,001 **	0,99	-0,352	15,160	Ordo 0
		0,001 **	0,99	-0,025	2,716	Ordo 1
	45	0,012 *	0,91	-0,299	14,914	Ordo 0
		0,013 *	0,90	-0,021	2,700	Ordo 1
Alumunium foil tebal 130μ, tidak berkatup (AF130)	25	0,001 **	0,98	-0,291	15,104	Ordo 0
		0,002 **	0,97	-0,021	2,716	Ordo 1
	35	0,012 *	0,91	-0,222	14,988	Ordo 0
		0,016 *	0,90	-0,015	2,704	Ordo 1
	45	0,027 *	0,85	-0,149	14,940	Ordo 0
		0,021 *	0,87	-0,011	2,704	Ordo 1
Laminasi tebal 144μ, berkatup (L144)	25	0,002 **	0,97	-0,321	15,206	Ordo 0
		0,004 **	0,96	-0,023	2,720	Ordo 1
	35	0,040 *	0,80	-0,309	14,506	Ordo 0
		0,035 *	0,82	-0,022	2,670	Ordo 1
	45	0,025 *	0,85	-0,261	14,708	Ordo 0
		0,029 *	0,84	-0,018	2,684	Ordo 1

Keterangan: * dan ** masing-masing nyata pada taraf 5% dan 1%

Notes : * and ** significant at 5% and 1% level respectively

Meningkatnya kadar air sampai batas tertentu dapat menurunkan mutu bubuk kopi, karena dengan meningkatnya kadar air maka meningkat pula aktivitasnya. Dikemukakan bahwa meningkatnya aktivitas air pada proses penyimpanan kopi bubuk akan dapat mempercepat menurunnya aroma kopi (Cardelli & Labuza, 2001; Makri, Tsimogiannis, Dermesonluoglu, & Taoukisa, 2011). Penurunan kadar

air sampai batas tertentu, dan dikombinasikan dengan rendahnya suhu penyimpanan, akan dapat menghindari terjadinya penurunan aroma pada kopi (Scheidig, Czerny, & Schieberle, 2007). Menurut SNI nomor 01-3542-2004, kadar air untuk kopi Arabika bubuk ditentukan maksimum 7% (Badan Standardisasi Nasional, 2004).

Tabel 2. Persamaan Arrhenius peningkatan kadar air dan penurunan kadar lemak kopi Arabika bubuk
Table 2. Arrhenius equation of increasing water content and decreasing fat content of ground Arabica coffee

Jenis kemasan	Suhu simpan (°C)	K (absolut)	Ln K	T (°K)	1/T (°K)	Persamaan Arrhenius, nilai R ² , dan nilai satuan penurunan mutu
..... (Kadar air).....						
Alumunium foil tebal 65μ, tidak berkatup (AF65)	25	0,018	-4,017	298	0,0034	Ln K = -1,127-858,571 (1/T)
	35	0,019	-3,963	308	0,0032	R ² = 0,74
	45	0,024	-3,730	318	0,0031	K ₂₅ = 0,01817 K ₃₅ = 0,01995 K ₄₅ = 0,02178
Alumunium foil tebal 130μ, tidak berkatup (AF130)	25	0,015	-4,200	298	0,0034	Ln K = 3,978-2423,571 (1/T)
	35	0,019	-3,963	308	0,0032	R ² = 0,84
	45	0,033	-3,411	318	0,0031	K ₂₅ = 0,01569 K ₃₅ = 0,02043 K ₄₅ = 0,02617
Laminasi tebal 144μ, berkatup (L144)	25	0,039	-3,244	298	0,0034	Ln K = 2,569-1721,429 (1/T)
	35	0,047	-3,058	308	0,0032	R ² = 0,86
	45	0,068	-2,688	318	0,0031	K ₂₅ = 0,04045 K ₃₅ = 0,04880 K ₄₅ = 0,05818
..... (Kadar lemak).....						
Alumunium foil tebal 65μ, tidak berkatup (AF65)	25	0,263	-1,336	298	0,0034	Ln K = 0,67-577,143 (1/T)
	35	0,352	-1,044	308	0,0032	R ² = 0,36
	45	0,299	-1,207	318	0,0031	K ₂₅ = 0,28175 K ₃₅ = 0,30004 K ₄₅ = 0,31825
Alumunium foil tebal 130μ, tidak berkatup (AF130)	25	0,291	-1,234	298	0,0034	Ln K = -8,363+2107,857 (1/T)
	35	0,222	-1,505	308	0,0032	R ² = 0,91
	45	0,149	-1,904	318	0,0031	K ₂₅ = 0,27537 K ₃₅ = 0,21886 K ₄₅ = 0,17649
Laminasi tebal 144μ, berkatup (L144)	25	0,321	-3,080	298	0,0034	Ln K = -3,218 + 618,571 (1/T)
	35	0,309	-3,120	308	0,0032	R ² = 0,74
	45	0,261	-3,300	318	0,0031	K ₂₅ = 0,31910 K ₃₅ = 0,29830 K ₄₅ = 0,28004

Keterangan: nilai T (°K) = suhu simpan + 273

Notes : value of (°K) = storage temperature + 273

Di sisi lain, menurunnya kadar lemak akan menurunkan mutu kopi, karena menurunnya kadar lemak dapat menurunkan tingkat homogenitas warna pada kopi sangrai serta dapat menurunkan mutu kopi seduhan (Alpizar *et al.*, 2004). Menurunnya kadar lemak juga mengindikasikan adanya proses penguraian lemak menjadi molekul-molekul tertentu yang diduga dapat mendorong terjadinya proses menuju ketengikan (*rancidity*). Speer & Kölling-Speer (2006) mengemukakan bahwa lemak merupakan bagian dari lipid, dan kandungan lipid pada kopi Arabika relatif lebih tinggi (sekitar 17%) dibandingkan dengan kopi Robusta (sekitar 10%). Lipid merupakan komponen utama penyusun kopi, dan menurunnya kandungan lipid karena proses penyimpanan akan dapat menurunkan mutu sensori kopi (Toci *et al.*, 2013). Kandungan lipid pada kopi memiliki hubungan yang positif dengan asam

klorogenat (Gichimu *et al.*, 2014), dan kandungan lipid pada kopi akan menurun sejalan dengan semakin lamanya proses penyimpanan (Cong *et al.*, 2020). Di sisi lain, ditegaskan juga bahwa salah satu faktor penyebab menurunnya mutu suatu produk karena proses penyimpanan, termasuk di dalamnya kopi Arabika bubuk, adalah karena terjadinya reaksi *Maillard* dan oksidasi lipid (Makri *et al.*, 2011; Asiah *et al.*, 2018; Manzocco, Romano, Calligaris, & Nicoli, 2020), dan proses ini merupakan salah satu penyebab terjadinya ketengikan. Terkait dengan oksidasi lipid, Glöss, Schönbächler, Rast, Deuber, & Yeretizian (2014) mengemukakan bahwa akhir-akhir ini studi tentang proses oksidasi lipid pada produk kopi menjadi perhatian penting, karena hal tersebut menjadi salah satu penanda menurunnya mutu kopi.

Tabel 3. Energi aktivasi (E_a) yang ditimbulkan dari kadar air dan lemak kopi Arabika bubuk yang disimpan pada kemasan dan suhu yang berbeda

Table 3. Activation energy (E_a) arising from the water and fat content of ground Arabica coffee stored in different packages and temperatures

Jenis kemasan	Suhu simpan (°C)	Energi aktivasi (E_a) yang ditimbulkan (kalori/mol)	
		Kadar air	Kadar lemak
Alumunium foil tebal 65 μ , tidak berkatup (AF65)	25	1705,12	1146,21
	35	1707,41	1148,09
	45	1709,69	1149,98
Alumunium foil tebal 130 μ , tidak berkatup (AF130)	25	4813,21	4186,20
	35	4816,53	4189,39
	45	4819,85	4192,57
Laminasi tebal 144 μ , berkatup (L144)	25	3418,76	1228,48
	35	3421,74	1230,44
	45	3424,72	1232,39

Energi Aktivasi (E_a)

Energi aktivasi adalah energi yang ditimbulkan oleh parameter tertentu saat suatu produk mengalami proses penyimpanan. Pada seluruh kombinasi perlakuan jenis kemasan dan suhu simpan ternyata nilai E_a yang ditimbulkan oleh kadar lemak jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai E_a yang ditimbulkan oleh kadar air (Tabel 3). Hal ini mengindikasikan bahwa kadar lemak merupakan peubah mutu yang dinilai kritis daripada kadar air, karena laju penurunan kadar lemak lebih cepat dibandingkan dengan laju peningkatan kadar air. Hal ini salah satunya dapat dilihat dari nilai K absolut pada regresi linier untuk peubah kadar lemak jauh lebih besar dibandingkan dengan nilai K untuk kadar air (Tabel 1), dan nilai K tersebut merupakan nilai kemiringan suatu regresi linier antara peubah lamanya waktu simpan dengan peubah mutu (kadar air dan kadar lemak). Di samping itu, pada penelitian ini kadar air kopi Arabika bubuk yang telah disimpan selama 8 minggu masih sangat rendah yaitu 1,69% - 2,09%. Nilai kisaran kadar air tersebut masih jauh di bawah nilai maksimum SNI yaitu 7%, sehingga pada penelitian ini peubah kadar air bukan merupakan peubah kritis.

Peubah mutu yang paling mempengaruhi penurunan mutu produk selama penyimpanan adalah yang memiliki nilai E_a terendah. Semakin rendah nilai E_a maka reaksi berjalan semakin cepat, yang berarti semakin cepat pula mempengaruhi laju kerusakan suatu produk (Swadana & Yuwono, 2014). Ditegaskan juga bahwa dalam menentukan peubah kritis suatu produk adalah didasarkan pada laju perubahan mutu selama proses penyimpanan, dan peubah yang menyebabkan perubahan mutu yang paling cepat maka akan paling cepat juga tingkat kerusakan produknya (Palupi, Kusnandar, Adawiyah, & Syah, 2010). Terdapat beberapa faktor penyebab menurunnya mutu suatu produk diantaranya adalah karena adanya reaksi kimia, perubahan biologis yang masih berlangsung hingga saat penyimpanan, adanya pertumbuhan mikroorganisme,

serta adanya reaksi enzimatik maupun non enzimatik. Pada saat penyimpanan terdapat beberapa faktor ekstrinsik yang menjadi penyebab menurunnya mutu suatu produk diantaranya adalah suhu dan kelembaban, sedangkan yang termasuk faktor intrinsik diantaranya adalah aktivitas air (Makri *et al.*, 2011; Manzocco *et al.*, 2016; Asiah *et al.*, 2018).

Penentuan Umur Simpan

SNI 01-3524 – 2004 tentang kopi bubuk tidak mencantumkan batasan minimal kadar lemak pada kopi bubuk, sehingga dalam penelitian ini dilakukan asumsi penurunan kadar tersebut sebesar 25%, 50%, dan 75% dari kadar lemak kopi tanpa penyimpanan. Berdasarkan pada Tabel 4 dapat diketahui bahwa dengan asumsi penurunan kadar lemak sebesar 25%, 50%, dan 75%, ternyata untuk rata-rata ketiga suhu simpan kemasan AF130 menghasilkan umur simpan kopi yang relatif lebih lama (masing-masing 52,31; 34,87; dan 17,44 minggu) dibandingkan dengan kemasan AF65 dan L144, sedangkan antara AF65 dengan L144 relatif tidak jauh berbeda. Hal ini diduga karena laju proses oksidasi lipid pada kopi yang disimpan dengan kemasan AF130 relatif lebih rendah dibandingkan dengan jenis kemasan lainnya (AF65 dan L144). Tingkat ketebalan AF akan berpengaruh terhadap permeabilitas kemasan, sehingga akan berpengaruh juga terhadap besarnya transmisi (pertukaran) oksigen dan/atau uap air antara lingkungan sekitar ruang penyimpanan dengan lingkungan di dalam kemasan. Data di Tabel 4 juga menunjukkan adanya pengaruh interaksi JK x SP terhadap umur simpan. Pada kemasan AF130 dan L144, semakin tinggi suhu (dengan batasan maksimum suhu 45 °C) maka relatif semakin lama umur simpannya, tetapi sebaliknya untuk AF65 semakin rendah suhu simpan (dengan batasan minimum 25 °C) semakin lama umur simpannya. Hasil penelitian lain juga menunjukkan bahwa pada kisaran suhu simpan yang lebih tinggi, yaitu antara 40 °C sampai 60 °C, ternyata semakin meningkat suhu simpan maka semakin

Tabel 4. Umur simpan kopi Arabika bubuk jika diasumsikan kadar lemak menurun sebesar 25%, 50%, dan 75% dari kadar lemak kopi tanpa penyimpanan

Table 4. Shelf life of ground Arabica coffee if it is assumed that the fat content decreases by 25%, 50%, and 75% from the fat content of coffee without storage

Jenis kemasan	Suhu simpan (°C)	Umur simpan (minggu) jika diasumsikan kadar lemak menurun sebesar		
		25%	50%	75%
Alumunium foil tebal 65 μ , tidak berkatup (AF65)	25	40,17	26,78	13,39
	35	37,72	25,15	12,57
	45	35,56	23,71	11,85
Rata-rata	-	37,82	25,21	12,60
Alumunium foil tebal 130 μ , tidak berkatup (AF130)	25	41,10	27,40	13,70
	35	51,71	34,47	17,24
	45	64,13	42,75	21,38
Rata-rata	-	52,31	34,87	17,44
Laminasi tebal 144 μ , berkatup (L144)	25	35,47	23,64	11,82
	35	37,94	25,29	12,65
	45	40,41	26,94	13,47
Rata-rata	-	37,94	25,29	12,65

Keterangan: kadar lemak kopi Arabika bubuk tanpa penyimpanan adalah 15,09%

Note : the fat content of ground Arabica coffee without storage is 15.09%

menurun umur simpan biji kopi Java Preanger (Mardjan & Hakim, 2019). Perbedaanannya dengan penelitian ini adalah dalam bentuk dan ukuran produknya (ukuran partikel produk), serta suhu simpannya. Penelitian Mardjan & Hakim (2019) menggunakan kopi dalam bentuk biji dengan suhu simpan 40 °C – 60 °C, sedangkan pada penelitian ini menggunakan kopi bubuk dengan suhu simpan 25 °C – 45 °C. Terkait dengan hal itu, Lashermes & Combes (2018) mengemukakan bahwa pada proses pengemasan kopi ternyata perbedaan ukuran partikel berpengaruh terhadap laju pelepasan CO₂.

Dengan kemasan AF130 dinilai sudah cukup baik untuk menekan proses oksidasi lipid pada RH yang relatif tinggi di sekitar ruang simpan (85%-95%). Faktor ekstrinsik seperti kondisi RH dapat mempengaruhi umur simpan produk kopi (Benković & Tušek, 2018), demikian juga halnya dengan produk keju yang terbuat dari campuran ekstrak jagung (Aini *et al.*, 2019), terutama sekali apabila bahan kemasan yang digunakan tidak memiliki permeabilitas yang baik, sehingga memungkinkan terjadinya perpindahan uap air dan/atau gas (Ninsix, Azima, Novelina, & Nazir, 2018). Kondisi suhu dan RH di lingkungan sekitar ruang penyimpanan, ketersediaan oksigen, dan teknologi pengemasan produk merupakan sebagian faktor yang akan turut mempengaruhi laju oksidasi lipid, sehingga kondisi tersebut akan berpengaruh terhadap lamanya umur simpan kopi (Manzocco & Lagazio, 2009). Walaupun kopi disimpan di bawah kondisi vakum dengan oksigen yang rendah, tetap akan mengalami proses oksidasi lipid (Kreuml, Majchrzak, Ploeder, &

Koenig, 2013; Morrice *et al* dikutip oleh Vila, de Peña, & Cid, 2018), karena kehadiran awal radikal bebas yang terbentuk melalui proses pirolisis pada saat penyangraian (Morrice *et al* dikutip oleh Vila *et al.*, 2018).

Di samping karena adanya reaksi lipid pada saat penyimpanan, penurunan mutu kopi juga bisa disebabkan oleh adanya reaksi hidrolisis lemak yang terikat pada *acylglycerol* yang akan menghasilkan asam lemak bebas. Asam lemak bebas yang tidak larut dalam air menjadi salah satu penyebab terjadinya proses ketengikan pada kopi (Toci *et al.*, 2013; Vila *et al.*, 2018). Kondisi tersebut menunjukkan akan pentingnya bahan AF dengan ketebalan tertentu dalam proses pengemasan kopi bubuk seperti yang telah dikemukakan oleh Glöss *et al.* (2014) serta Saolan, Sukainah, & Wijaya (2020), sehingga dapat menekan adanya pengaruh dari kondisi lingkungan sekitar. Hal yang sama dikemukakan juga oleh Agustini & Yusya (2020) tentang pentingnya bahan *polyethylene* yang dilapisi AF dalam mempertahankan kualitas dan stabilitas kopi bubuk selama penyimpanan. Buntinx *et al.* (2014) mengemukakan bahwa batasan kemasan salah satunya tergantung pada nilai transmisi oksigennya, dan nilai tersebut dipengaruhi oleh ketebalan kemasan, baik di bagian dinding ataupun di bagian bawah kemasan. Kemasan yang lebih tipis cenderung memiliki nilai transmisi oksigen lebih tinggi, sehingga akan dapat mempercepat proses oksidasi. Oleh karena itu, kemasan AF130 relatif lebih baik jika dibandingkan dengan AF65.

Pada penelitian ini, penentuan umur simpan kopi Arabika bubuk yang disimpan pada kemasan dan

suhu tertentu didasarkan pada laju penurunan kadar lemak selama penyimpanan. Informasi ini perlu didukung oleh informasi lainnya, terutama sekali perlunya penambahan ragam peubah mutu lainnya yang dinilai menjadi indikator penting dalam menilai mutu seduhan kopi. Yang tidak kalah pentingnya adalah bahwa keputusan akhir berada pada pihak konsumen sebagai pengguna akhir yang akan menilai mutu produk kopi yang akan dikonsumsi. Oleh karena itu, tingkat persepsi dan penilaian konsumen terhadap beragam indikator mutu kopi, termasuk di dalamnya mutu seduhan melalui *cuping test* perlu untuk diketahui. Hal ini sejalan dengan yang dikemukakan oleh Palupi *et al.* (2010); Manzocco *et al.* (2016); Yoon *et al.* (2017); Cotter & Hopfer (2018); dan Ninsix *et al.* (2018).

KESIMPULAN

Terjadi peningkatan kadar air dan penurunan kadar lemak kopi Arabika bubuk yang dikemas dengan kemasan alumunium foil tebal 65 μ (AF65), alumunium foil tebal 130 μ (AF130), dan kemasan laminasi tebal 144 μ (L144), dan disimpan pada suhu 25 °C, 35 °C, dan 45 °C. Kadar lemak merupakan peubah mutu yang dinilai kritis karena energi aktivasi yang ditimbulkannya selama penyimpanan jauh lebih rendah (1146,21 - 4192,57 kalori/mol) dibandingkan dengan kadar air (1705,12 - 4819,85 kalori/mol). Dengan asumsi kadar lemak menurun sebesar 25%, 50%, dan 75%, maka kopi yang dikemas dengan AF130 memiliki umur simpan lebih lama (masing-masing 52,31; 34,87; dan 17,77 minggu) dibandingkan dengan AF65 (masing-masing 37,82; 25,21; dan 12,60 minggu) dan L144 (masing-masing 37,94; 25,29; dan 12,65 minggu). Untuk memperpanjang umur simpannya, maka kopi Arabika bubuk yang dikemas dengan AF130 dan L144 sebaiknya disimpan pada suhu 45 °C, sedangkan untuk kemasan AF65 sebaiknya pada suhu 25 °C.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada ketua dan anggota kelompok tani kopi di Desa Pangauban, Kecamatan Cisarupan, Kabupaten Garut yang telah dengan ikhlas menyediakan bahan penelitian berupa buah kopi. Terima kasih disampaikan juga kepada para Teknisi Litkayasa dan Laboran di Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar yang telah membantu terlaksananya penelitian dengan baik.

KONTRIBUSI PENULIS

1. Elsera Br Tarigan (Kontributor Utama)
2. Edi Wardiana (Kontributor Utama)
3. Handi Supriadi (Kontributor Anggota)

DAFTAR PUSTAKA

- Abong, G.O., Okoth, M. W., Imungi, J. K., & Kabira, J. N. (2011a). Effect of packaging and storage temperature on the shelf life of crisps from four Kenyan potato cultivars. *American Journal of Food Technology*, 6(10), 882–892.
- Abong, G.O., Okoth, M. W., Imungi, J. K., & Kabira, J.N. (2011b). Effect of slice thickness and frying temperature on color, texture and sensory properties of crisps made from Four Kenyan potato cultivars. *American Journal of Food Technology*, 6(9), 753–762.
- Adetunji, V.O., & Chen, J. (2011). Effect of temperature and modified vacuum packaging on microbial quality of Wara A Wesr African Sof Chess. *Research Journal of Microbiology*, 6(4), 402–409.
- Agustini, S., & Yusya, M.K. (2020). The effect of packaging materials on the physicochemical stability of ground roasted coffee. *Current Research on Biosciences and Biotechnology*, 1(2), 66–70. <https://doi.org/10.5614/crb.2019.1.2/ztvc3720>
- Aini, N., Sustriawan, B., Sumarmono, J., Prihananto, V., & Atmajayanti, T. P. (2019). The effect of packaging type and storage temperature on the characteristics of cheese spread analogues from corn extract. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 406(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/406/1/012017>
- Alpizar, E., Vaast, P., & Bertrand, B. (2004). Fat content : A quality indicator for Central America coffees ? In *20th International Conference on Coffee Science, Bangalore, India, 11-15 October 2004* (pp. 1074–1076).
- AOAC. 1995. "Official Methods of Analysis of The Association of Analytical Chemists". Washington. D.C.
- Arif, A.B. (2016). Metode Accelerated Shelf Life Test (ASLT) dengan pendekatan Arrhenius dalam pendugaan umur simpan sari buah nenas, pepaya dan cempedak. *Informatika Pertanian*, 25(2), 189–198. <https://doi.org/10.21082/ip.v25n2.2016.p189-198>
- Asiah, N., Cempaka, L., & David, W. (2018). *Pendugaan Umur Simpan Produk Pangan*. Universitas Bakrie (UB) Press.

- Badan Standardisasi Nasional. (2004). SNI 01-3524 - 2004. Kopi Bubuk. Badan Standardisasi Nasional (BSN), 1–10.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). SNI 01-2907-2008, Biji Kopi. Badan Standardisasi Nasional (BSN), 1–12.
- Benković, M., & Tušek, A. (2018). Regression models for description of roasted ground coffee powder color change during secondary shelf-life as related to storage conditions and packaging material. *Beverages*, 4(1), 16. <https://doi.org/10.3390/beverages4010016>
- Buntinx, M., Willems, G., Knockaert, G., Adons, D., Yperman, J., Carleer, R., & Peeters, R. (2014). Evaluation of the thickness and oxygen transmission rate before and after thermoforming mono- and multi-layer sheets into trays with variable depth. *Polymers*, 6(12), 3019–3043. <https://doi.org/10.3390/polym6123019>
- Cardelli, C., & Labuza, T.P. (2001). Application of Weibull hazard analysis to the determination of the shelf life of roasted and ground coffee. *LWT - Food Science and Technology*, 34, 273–278. <https://doi.org/10.1006/fstl.2000.0732>
- Cong, S., Dong, W., Zhao, J., Hu, R., Long, Y., & Chi, X. (2020). Characterization of the lipid oxidation process of robusta green coffee beans and shelf life prediction during accelerated storage. *Molecules*, 25(157), 1–16. <https://doi.org/10.3390/molecules25051157>
- Cotter, A., & Hopfer, H. (2018). The effects of storage temperature on the aroma of whole bean Arabica coffee evaluated by coffee consumers and HS-SPME-GC-MS. *Beverages*, 4(3), 68. <https://doi.org/10.3390/beverages4030068>
- Cowell, J. (2018). *One-way degassing valve behavior & function in the acceptability of stored coffee*. University of Guelph.
- Gichimu, B.M., Gichuru, E.K., Mamati, G.E., & Nyende, A.B. (2014). Biochemical composition within *Coffea arabica* cv. Ruiru 11 and its relationship with cup quality. *Journal of Food Research*, 3(3), 31. <https://doi.org/10.5539/jfr.v3n3p31>
- Glöss, A.N., Schönbächler, B., Rast, M., Deuber, L., & Yeretzian, C. (2014). Freshness indices of roasted coffee: Monitoring the loss of freshness for single serve capsules and roasted whole beans in different packaging. *Chimia*, 68(3), 179–182. <https://doi.org/10.2533/chimia.2014.179>
- Hadadinejad, M., Ghasemi, K., & Mohammadi, A. A. (2018). Effect of storage temperature and packaging material on shelf life of Thornless Blackberry. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 5(2), 265–275. <https://doi.org/10.22059/ijhst.2018.252144.218>
- Holper, H., Buffon, P.A., Ebeler, S.E., & Heymann, H. (2013). The combined effects of storage temperature and packaging on the sensory, chemical, and physical properties of a cabernet Sauvignon Wine Helene. *J. Agric. Food Chem*, 61(13), 3320–3334.
- Internattional Coffee Organization. (2021). World coffee consumption. Data as at January 2021. Next update May 2021. ICO. <http://www.ico.org/prices/new-consumption-table.pdf>
- Kamau, E., Mutungi, C., Kinyuru, J., Imathiu, S., Tanga, C., Affognon, H., Ekesi, S., Nakimbugwe, D., & Fiaboe, K.K.M. (2017). Effect of packaging material, storage temperature and duration on the quality of Semi-Processed Adult House Cricket Meal. *Journal of Food Research*, 7(1), 21. <https://doi.org/10.5539/jfr.v7n1p21>
- Kiyoi, L. (2010). *Determining the optimal material for coffee packaging*. The Faculty of the Graphic Communication Departemen - California Polytechnic State University, San Luis Obispo.
- Kreuml, M.T.L., Majchrzak, D., Ploederl, B., & Koenig, J. (2013). Changes in sensory quality characteristics of coffee during storage. *Food Science & Nutrition*, 1(4), 267–272. <https://doi.org/10.1002/fsn3.35>
- Landge, S.N., Chavan, B.R., Kulkarni, D.N., & Khedkar, C.D. (2009). Effect of packaging materials, storage period and temperature on acceptability of milk cake. *J. Dairying, Food & H.S.*, 28(1), 20–25.
- Lashermes, P., & Combes, M.C. (2018). Diversity and Genome Evolution in Coffee. In D. P. Lashermes (Ed.), *Achieving Sustainable Cultivation of Coffee Breeding and Quality Traits* (Vol. 39, p. 7). Burleigh Dodds Series in Agicultural Science Publishing Limited.
- Makri, E., Tsimogiannis, D., Dermesonluoglu, E.K., & Taoukisa, P.S. (2011). Modeling of Greek coffee aroma loss during storage at different temperatures and water activities. *Procedia Food Science*, 1, 1111–1117. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.166>
- Manzocco, L., Calligaris, S., Anese, M., & Nicoli, M.C. (2016). The Stability and shelf life of coffee products. *The Stability and Shelf Life of Food*, 375–398. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100435-7.00013-7>

- Manzocco, L., Romano, G., Calligaris, S., & Nicoli, M.C. (2020). Modeling the effect of the oxidation status of the ingredient oil on stability and shelf life of low-moisture bakery products: The case study of crackers. *Foods*, 9, 1–13. <https://doi.org/10.3390/foods9060749>
- Manzocco, L., & Lagazio, C. (2009). Coffee brew shelf life modelling by integration of acceptability and quality data. *Food Quality and Preference*, 20(1), 24–29. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2008.06.005>
- Mardjan, S., & Hakim, F.R. (2019). Prediction shelf life of Arabica Java Preanger coffee beans under hermetic packaging using Arrhenius method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 557(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/557/1/012077>
- Martínez, R.A., Schvezov, N., Brumovsky, L.A., & Román, A.B.P. (2018). Influence of temperature and packaging type on quality parameters and antimicrobial properties during Yateí honey storage. *Food Science and Technology*, 38(1), 196–202. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.17717>
- Nicoli, M.C., Manzocco, L., & Calligaris, S. (2013). Packaging and the shelf life of coffee. In G.L. Robertson (Ed.), *Food Packaging and Shelf Life: A Practical Guide* (Vol. 53, pp. 199–214). CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Ninsix, R., Azima, F., Novelina, & Nazir, N. (2018). Metode penetapan titik kritis, daya simpan dan kemasan produk instan fungsional. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 7(1), 46–52.
- Palupi, N.S., Kusnandar, F., Adawiyah, D.R., & Syah, D. (2010). Penentuan umur simpan dan pengembangan model diseminasi dalam rangka percepatan adopsi teknologi mi jagung bagi UKM. *Manajemen IKM*, 5(1), 42–52. <https://doi.org/10.29244/42-52>
- Poltronieri, P., & Rossi, F. (2016). Challenges in specialty coffee processing and quality assurance. *Challenges*, 7(2), 19. <https://doi.org/10.3390/challe7020019>
- Saolan, Sukainah, A., & Wijaya, M. (2020). Pengaruh jenis kemasan dan lama waktu penyimpanan terhadap mutu bubuk kopi Robusta (*Coffea robusta*). *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 6(2), 337–348.
- Scheidig, C., Czerny, M., & Schieberle, P. (2007). Changes in key odorants of raw coffee beans during storage under defined conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(14), 5768–5775. <https://doi.org/10.1021/jf070488o>
- Speer, K., & Kölling-Speer, I. (2006). The lipid fraction of the coffee bean. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18(1), 201–216. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202006000100014>
- Sualeh, A., Daba, A., Kiflu, S., & Mohammed, A. (2016). Effect of storage conditions and packing materials on shelf life of tomato. *Food Science and Quality Management*, 56, 60–67. www.iiste.org
- Swadana, A.W., & Yuwono, S.S. (2014). Pendugaan umur simpan minuman berperisa apel menggunakan metode Accelerated Shelf Life Testing dengan pendekatan Arrhenius. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 2(3), 203–212.
- Toci, A. T., Neto, V.J.M.F., Torres, A.G., & Farah, A. (2013). Changes in triacylglycerols and free fatty acids composition during storage of roasted coffee. *LWT - Food Science and Technology*, 50, 581–590. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.08.007>
- Tušek, A.J., Benković, M., & Bauman, I. (2015). Kinetics of colour change in roasted ground coffee during secondary shelf-life. *Biblid*, 19(1), 7–11.
- Vila, M., de Peña, M.P., & Cid, C. (2018). FFA Evolution during storage of ground roasted coffee. *Czech Journal of Food Sciences*, 22, 338–341. <https://doi.org/10.17221/10696-cjfs>
- Yoon, J-W., Ahn, S-I., Kim, H-N., Park, J-H., Park, S-Y., Kim, J-H., ... Kim, G-Y. (2017). Qualitative characteristics and determining shelf-life of milk beverage product supplemented with coffee extracts. *Korean J. for Food Sc. An.*, 37(2), 305–312.
- Zafrina, L. (2012). Persamaan operasional dalam proses laminasi bahan kemasan. *Jurnal Teknik Industri*, 12(1), 90. <https://doi.org/10.22219/jtiumm.vol12.no1.90-93>

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops
Volume 8, Nomor 1, Maret 2021

PATOGEN PENYAKIT BUSUK BUAH KAKAO: KARAKTER DAN PATOGENISITAS
Phytophthora palmivora ISOLAT ASAL PAKUWON, SUKABUMI

PATHOGEN OF COCOA POD ROT DISEASE: CHARACTERS AND PATOGENICITY OF
***Phytophthora palmivora* ISOLATES ORIGINATED FROM PAKUWON, SUKABUMI**

* Wartono¹, Efi Taufiq²

¹⁾ **Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian**
Jalan Tentara Pelajar No. 3A, Cimanggu, Bogor 16111 Indonesia

²⁾ **Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar**
Jalan Raya Pakuwon Km 2, Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia

* war.tono@yahoo.com

(Tanggal diterima: 6 Februari 2021, direvisi: 24 Maret 2021, disetujui terbit: 30 Maret 2021)

ABSTRAK

Phytophthora palmivora (Butl.) merupakan kendala utama dalam budidaya kakao di seluruh dunia. Penelitian bertujuan untuk mengetahui karakter morfologi dan patogenisitas *P. palmivora* isolat Pakuwon, patogen busuk buah kakao. Penelitian dilakukan pada November 2020 sampai Januari 2021, terdiri dari 3 kegiatan: (1) Isolasi patogen, uji daya tumbuh, dan stimulasi pembentukan sporangia, zoospora, serta klamidospora, masing-masing dilakukan pada media CMA, PDA dan ekstrak kacang hijau. Parameter yang diamati adalah bentuk koloni, daya tumbuh, bentuk dan ukuran sporangia, papila, dan sporangiofor, serta diameter klamidospor dan hifa; (2) Tipe kawin, dengan menumbuhkan dua isolat pada media CMA dalam satu cawan petri; dan (3) Uji patogenisitas menggunakan *detached fruit assay*, dengan menginokulasi buah kakao menggunakan potongan miselium dan zoospora. Pengujian dilakukan dalam rancangan acak lengkap dengan 4 ulangan, parameter yang diamati adalah luas bercak. Hasil isolasi diperoleh 3 isolat dengan miselia berwarna putih, berkapas, dengan bentuk tidak berpola. Diameter hifa dan klamidospor masing-masing 5,6 – 6,3 µm dan 39,0 – 43,2 µm. Bentuk sporangia *ovoid*, *ellipsoid*, *subspic*, *obpyriform*, dan *irregular*. Sporangium berukuran panjang 5,6 – 60,1 µm dan lebar 30,4 – 32,9 µm. Papila terlihat jelas dengan panjang rata-rata 6,8 µm. Hasil penelitian tipe kawin dengan menumbuhkan dua isolat pada media CMA, oospora tidak terbentuk. Isolat PPkw1 menunjukkan laju pertumbuhan dan patogenisitas lebih tinggi dibanding PPkw2 dan PPkw3. Perbedaan patogenisitas isolat *P. palmivora* yang berasal Pakuwon dapat digunakan untuk seleksi ketahanan tanaman kakao di masa mendatang.

Kata kunci: Koloni; morfologi; miselium; sporangia; zoospora

ABSTRACT

Phytophthora palmivora (Butl.) is a major obstacle in cocoa cultivation worldwide. The study aimed to determine the morphological character and pathogenicity of *P. palmivora* Pakuwon isolate. The study was carried out from November 2020 to January 2021, which consisted of 3 activities e.g. (1) pathogen isolation, tests on growth rate and colony formation, and stimulation of sporangia, zoospore, and clamydospore formation, which was performed in CMA, PDA, and mung bean media. The parameters observed were colony shape, growth rate, shape and size of sporangia, papillae,

and sporangiophores, also chlamydospore and hyphal diameters; (2) To determine the possibility of different mating types, two isolates were grown on CMA medium in one petri dish; (3) The pathogenicity test, using a detached fruit assay by inoculating the cocoa pods with mycelium plug and zoospores. The pathogenicity test was conducted in a completely randomized design with 4 replications, and the parameter observed was the area of the spot. The isolation obtained 3 isolates, the mycelium of all three isolates showed white in color, cottony, and no pattern in shape. The diameters of hyphae and chlamydospores were 5.6 - 6.3 μm and 39.0 - 43.2 μm , respectively. The sporangia were ovoid, ellipsoid, subspheric, obpyriform, and irregular. Sporangia measured 5.6 - 60.1 μm in length and 30.4 - 32.9 μm in width. Papillae were obviously visible with an average length of 6.8 μm . Test on mating types showed no oospores formed. PPkw1 isolates showed higher growth rates and more pathogenic than PPkw2 and PPkw3. The difference of pathogenicity of each *P. palmivora* isolates originated from Pakuwon can be used for selection of cocoa resistance in the future.

Keywords: Colony; morphology; mycelium; sporangia; zoospores

PENDAHULUAN

Kakao merupakan salah satu komoditas perkebunan yang memiliki nilai ekonomi yang cukup tinggi dan menjadi salah satu penyumbang devisa terbesar ketiga dari sektor non migas bidang perkebunan (Kementerian Perindustrian, 2013). Di Indonesia, sebanyak 85% produksi kakao berasal dari masyarakat, sedangkan 15% lainnya dikelola oleh negara dan swasta (Sumanto, Efendi, & Prastowo, 2015). Produktivitas kakao di Indonesia tergolong rendah yaitu 217 kg/ha/tahun jauh di bawah potensinya yang bisa mencapai 2000 kg/ha/tahun (Hortus, 2020). Salah satu penyebab rendahnya produksi kakao adalah serangan penyakit busuk buah kakao yang disebabkan oleh *Phytophthora palmivora* (Butl.).

P. palmivora merupakan patogen utama yang menyebabkan produksi kakao menurun hingga mencapai 73.4% (Fauzan, Lubis, & Pinem, 2013). Perkembangan, penyebaran, dan infeksi patogen ini sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu, kelembapan udara, dan intensitas cahaya (Fauzan, *et al.*, 2013). Penyakit busuk buah terutama terjadi pada musim hujan, karena pada musim hujan kelembapan akan menjadi tinggi, selain itu percikan air hujan akan mempermudah penyebaran *P. palmivora* dari tanah ke jaringan aerial tanaman (Baharudin & Asad, 2017; Purwantara, 2008). Epidemi penyakit busuk buah juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti keberadaan populasi semut *Iridomirmex cordatus* yang membantu penyebaran inokulum *P. palmivora* pada jaringan tanaman (Rosmana, Waniada, Junaid, & Gassa, 2010). *P. palmivora* dapat menyerang pangkal batang, batang, ranting, daun, dan buah kakao (Bowers, Bailey, Hebbar, Sanogo, & Lumsden, 2001; Rubiyo & Amaria, 2013). Namun demikian, serangan yang paling merugikan pada buah, menyebabkan buah menjadi busuk (Rubiyo & Amaria, 2013).

Phytophthora pada umumnya heterotalik, dimana oomycetes mempunyai kemampuan bereproduksi secara seksual dan aseksual sehingga memungkinkan adanya keragaman morfologi pada

patogen tersebut. *P. capsici* dilaporkan memproduksi sporangia dengan bentuk dan ukuran yang beragam (Wahyuno, Manohara, & Susilowati, 2007). Selain itu, *Phytophthora* pada umumnya juga mempunyai patogenisitas yang beragam sehingga akan mempengaruhi keparahan penyakit dengan intensitas yang berbeda (de Oliveira, Blum, Duarte, Moreira, & Luz, 2016; Wahyuno, *et al.*, 2007).

Pengendalian penyakit busuk buah umumnya dilakukan melalui sanitasi lingkungan dan fisik, yaitu dengan cara memetik dan membuang buah yang sakit (Ratnada, 2019). Jamur endofit sebagai agens hayati, aplikasi biofungisida dari bahan minyak cengkeh dan seraiwangi, fungisida sintetik, serta tanaman tahan juga sudah digunakan untuk mengendalikan penyakit busuk buah kakao (Chan & Kwee, 1986; Harni, Khaerati, Noveriza, & Yuliani, 2020; Harni, Amaria, Khaerati, & Taufiq, 2016; Rubiyo, Purwantara, & Sudarsono, 2010). Namun demikian, hingga kini penyakit busuk buah kakao masih tetap menjadi kendala utama dalam budidaya kakao dan belum bisa dikendalikan secara tuntas.

Patogen penyebab busuk buah kakao (*P. palmivora*) mempunyai kemampuan untuk menghasilkan oospora sebagai hasil perpaduan antara tipe kawin A1 dan A2 (Perrine-Walker, 2020), yang memungkinkan terbentuknya individu yang lebih virulen, tahan fungisida dengan karakter morfologi yang beragam. Untuk dapat mengendalikan penyakit tanaman secara tepat, maka perlu diketahui karakter patogen yang menjadi penyebabnya. Identifikasi patogen penyebab busuk buah melalui karakterisasi mikro dan makro morfologi, uji daya tumbuh, penentuan tipe kawin, serta uji patogenisitas merupakan langkah penting yang perlu dilakukan untuk menentukan manajemen pengendaliannya.

Kebun percobaan Pakuwon, Sukabumi merupakan salah satu lokasi penyimpanan koleksi plasma nutfah kakao milik Kementerian Pertanian. Koleksi plasma nutfah yang dikoleksi merupakan klon dan varietas kakao yang berasal dari sentra kakao seluruh Indonesia dan juga koleksi yang berasal dari

Brazil dan Meksiko. Penyakit busuk buah di lokasi ini sering dijumpai menyerang pada pertanaman kakao baik pada buah yang berukuran kecil maupun yang besar. Untuk mengetahui karakter *P. palmivora* yang menyerang tanaman kakao di Kebun Percobaan Pakuwon maka perlu dilakukan identifikasi terhadap karakter makro dan mikro morfologi, tipe kawin, dan patogenisitasnya, sehingga pengendaliannya lebih terarah.

Penelitian bertujuan untuk mengkarakterisasi makro dan mikro morfologi serta menentukan patogenisitas, tipe kawin isolat *P. palmivora* patogen penyebab busuk buah kakao asal Pakuwon, Sukabumi.

BAHAN DAN METODE

Sampel buah kakao bergejala busuk diperoleh dari Kebun Percobaan Pakuwon, Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, Sukabumi. Isolasi, karakterisasi dan uji patogenisitas patogen dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian, Bogor. Penelitian dilakukan mulai bulan November 2020 sampai dengan Januari 2021.

Isolasi Sporangium *Phytophthora palmivora*

Isolasi *P. palmivora* dilakukan pada buah kakao tipe Trinitario hybrida Edel F1 yang menunjukkan gejala penyakit busuk buah dengan mengikuti metode (Plancarte, Alvarado, Pavia, Santos, Pérez, & Celaya, 2017) yang dimodifikasi. Buah didesinfeksi permukaannya dengan cara dicuci menggunakan sabun cair dan dibilas dengan air mengalir. Selanjutnya, buah dikeringanginkan dan dimasukkan ke dalam kantung plastik steril ukuran 2 kg dan diinkubasi pada ruangan dengan suhu 22 – 25 °C. Pada 3 hari setelah inkubasi (hsi) buah yang telah ditumbuhi oleh masa miselium diamati di bawah mikroskop untuk memastikan ada tidaknya sporangium atau klamidospore sebagai ciri *P. palmivora*.

Media yang digunakan untuk isolasi *P. palmivora* adalah media *corn meal agar* (CMA) rendah nutrisi (Kellam & Zentmyer, 1986). Sporangium diambil dengan cara menempelkan ujung ose yang sudah diberi media CMA ke ujung hifa aerial *Phytophthora* pada buah bergejala, kemudian ditumbuhkan ke media CMA dalam cawan petri. Propagul yang baru dipindahkan diamati di bawah mikroskop untuk memastikan sporangium sudah berhasil dipindahkan. Selanjutnya, biakan diinkubasi pada kondisi gelap dengan suhu 25 °C. Pada 2 hsi, biakan diamati pertumbuhan miseliumnya di bawah mikroskop. Miselium yang terbentuk kemudian dipindahkan pada media CMA untuk dimurnikan. Biakan diinkubasi pada kondisi gelap

selama 4 hari dan terang selama 3 hari di bawah lampu pendar yang bertujuan untuk menstimulasi perkembangan miselium dan produksi sporangium.

Karakterisasi Makro dan Mikro Morfologi dan Uji Daya Tumbuh

Pengujian dilakukan dengan metode yang dikembangkan oleh Komalasari, *et al.* (2018), yaitu dengan menumbuhkan potongan biakan isolat koleksi dengan diameter 0,5 cm di tengah-tengah media *potato dextrose agar* (PDA) dalam cawan petri berdiameter 9 cm. Pengamatan pertumbuhan isolat dilakukan mulai 2 hsi sampai miselium memenuhi cawan petri. Bentuk koloni miselia diamati pada biakan umur 8 hsi. Pengujian dilakukan dalam rancangan acak lengkap 3 perlakuan dengan 3 ulangan.

Untuk mengetahui karakter mikro morfologi, sebanyak 5 potong biakan isolat berdiameter 0,5 cm ditumbuhkan dalam 20 ml media cair ekstrak kacang hijau 30% dalam cawan petri berdiameter 9 cm (Wartono & Kirana, 2020). Biakan diinkubasi dalam kondisi gelap dengan suhu 25 °C selama 4 hari. Selanjutnya, biakan dibilas dengan air steril sebanyak 3 kali untuk menghilangkan sisa media dalam cawan petri. Pada kondisi tanpa media, miselia yang telah bersih diinkubasi kembali pada suhu 25 °C dalam kondisi terang di bawah lampu pendar. Pengamatan dilakukan di bawah mikroskop (Olympus BX51) terhadap hifa, bentuk dan ukuran sporangia, papila, klamidospore, serta sporangiosfor. Jumlah sporangia yang diamati tiap isolat adalah 30 sporangia.

Pengujian untuk mengetahui kemungkinan adanya perbedaan tipe kawin antar isolat dilakukan dengan metode yang dikembangkan oleh Manohara, Mulya, & Wahyuno (2004) yang dimodifikasi. Pengujian dilakukan dengan menumbuhkan dua isolat koleksi dalam satu petri yang berisi media CMA. Potongan biakan dengan diameter 0,5 cm diletakan berhadapan dengan jarak 2 cm, selanjutnya diinkubasi pada kondisi gelap dengan suhu 25 °C selama 7 hari. Pengamatan dilakukan di bawah mikroskop untuk memastikan terbentuk atau tidaknya oospore.

Uji Patogenisitas

Pengujian dilakukan dengan menggunakan dua bentuk sumber inokulum yaitu potongan miselium dan suspensi zoospore. Inokulum berupa miselium dibuat dengan mengikuti metode yang dilakukan oleh Rubiyo, *et al.*, (2010) dengan sedikit modifikasi yaitu menggunakan media CMA sebagai media tumbuh. Biakan diinkubasi pada kondisi gelap sampai biakan berumur 8 hari. Sementara untuk inokulum zoospore dibuat dengan metode yang dikembangkan oleh Wartono & Kirana (2020), yaitu dengan menumbuhkan

isolat *Phytophthora* dalam media cair ekstrak kacang hijau 30%. Untuk menstimulasi keluarnya zoospora dari sporangium, biakan direndam dalam air steril dan dibiarkan selama 1 jam kemudian dihitung menggunakan haemositometer untuk menentukan kerapatan zoospora. Kerapatan zoospora yang diuji adalah 10^3 zoospora/ml.

Bahan tanaman yang digunakan adalah buah kakao tipe Trinitario. Potongan buah berukuran sekitar 6 cm x 8 cm didesinfeksi dalam alkohol 70% dan direndam air steril, kemudian dikeringanginkan dan diletakkan pada kotak plastik yang diberi alas kertas tissue basah steril untuk menjaga kelembapan. Permukaan buah kakao dilukai dengan ditusuk jarum steril, kemudian diinokulasi dengan sepotong biakan miselium sebesar 0,5 cm² dan 100 µl suspensi zoospora dengan kerapatan 10^3 zoospora/ml. Perlakuan kontrol buah hanya diinokulasi dengan potongan media CMA dan air. Pengamatan dilakukan tiap hari dengan mengukur luas gejala. Pengujian dilakukan dengan rancangan acak lengkap dengan 4 ulangan.

Analisis Data

Data hasil pengamatan diuji statistik untuk mengetahui analisis keragaman dan dilanjutkan dengan uji beda nyata Duncan untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan dengan menggunakan program SAS version 9.1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Isolasi *Phytophthora* dari Buah Kakao

Perlakuan pra-isolasi melalui pencucian buah kakao yang dilanjutkan dengan inkubasi selama 3 hari menyebabkan tumbuhnya koloni miselia berwarna putih seperti beludru di sekitar gejala (Gambar 1). Hasil pengamatan di bawah mikroskop menunjukkan bahwa pada masa miselia putih tersebut banyak ditumbuhi oleh sporangia dan klamidospora. Hasil pengamatan juga tidak ditemukan adanya propagul cendawan pengkontam seperti *Fusarium* sp. dan yang lainnya.

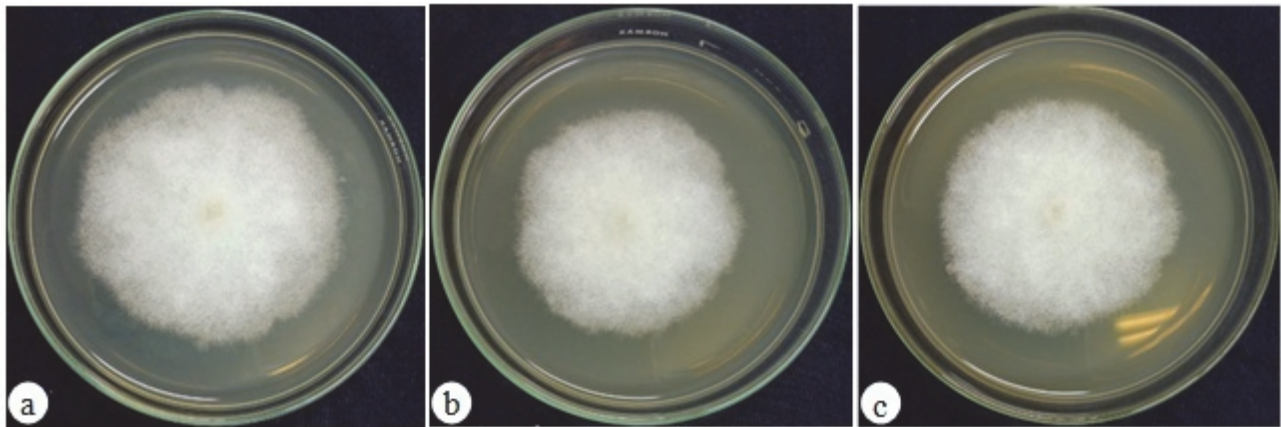
Hasil isolasi menunjukkan bahwa miselia tumbuh pada media CMA dengan bentuk koloni yang tipis. Pengamatan di bawah mikroskop menunjukkan bahwa hifa tiap isolat mempunyai pola bercabang dan tidak bersekat. Hifa tidak bersekat merupakan salah satu ciri morfologi yang membedakan *Phytophthora* dengan cendawan pada umumnya (Meng, Qiang, Ding, & Shan, 2014). Hasil isolasi diperoleh 3 isolat *Phytophthora* yang selanjutnya diberi kode PPkw1, (b) PPkw2, dan (c) PPkw3.

Makromorfologi dan Kecepatan Tumbuh Isolat *P. palmivora*

Semua isolat yang dikoleksi tumbuh baik pada media PDA membentuk miselium aerial dengan bentuk koloni yang tidak berpola, berwarna putih, dan berkapas tebal (Gambar 2). Pada penelitian lain dilaporkan bahwa *P. palmivora* menunjukkan bentuk koloni yang berbeda yaitu ada yang berbentuk *stelate* dan tidak beraturan (Hung, Wattanachai, Kaysem, & Poaim, 2015; Komalasari, Suryanti, & Hadisutrisno, 2018).



Gambar 1. Buah kakao yang menunjukkan gejala busuk dengan masa miselium
Figure 1. Rot symptom of cocoa pod, which was grown by the mycelium



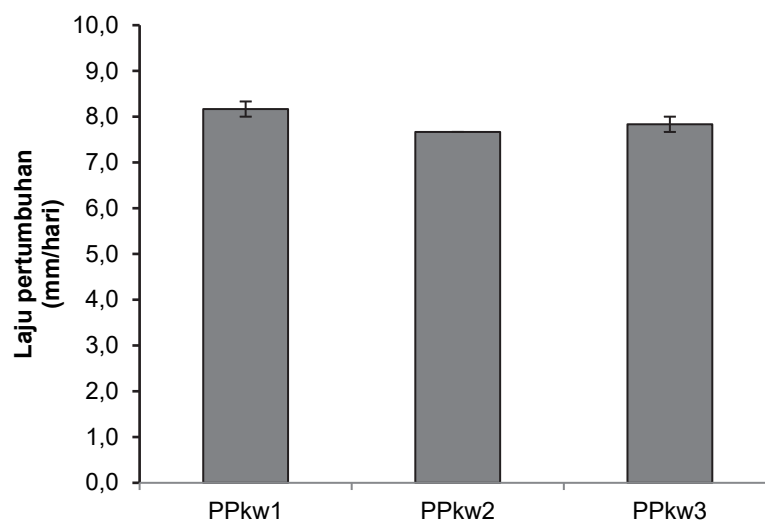
Gambar 2. Koloni miselium isolat *P. palmivora* asal Pakuwon pada media PDA: (a) PPkw1, (b) PPkw2, dan (c) PPkw3

Figure 2. Mycelium colony of *P. palmivora* isolates originated from Pakuwonon PDA medium: (a) PPkw1, (b) PPkw2, and (c) PPkw3

Hasil uji kecepatan tumbuh menunjukkan bahwa ke 3 isolat mempunyai kemampuan tumbuh yang hampir sama pada media PDA. Laju pertumbuhan tertinggi terjadi pada isolat PPkw1, yaitu 8,2 mm/hari, sementara laju pertumbuhan untuk isolat PPkw2 dan PPkw3 masing-masing 7,7 dan 7,8 mm/hari (Gambar 3). Laju pertumbuhan antar isolat kemungkinan berhubungan dengan patogenisitas dan kecepatan patogen dalam mengkolonisasi jaringan.

P. palmivora merupakan salah satu spesies dari kelompok oomycetes yang memiliki dua tipe kawin yang berbeda, yaitu A1 dan A2. *P. palmivora* bersifat

heterotalik yaitu akan menghasilkan oospora bila tipe kawin A1 dan A2 ditumbuhkan bersama dalam satu cawan petri atau berada pada jaringan tanaman yang sama (Perrine-Walker, 2020). Menurut Surujdeo-Maharaj, Sreenivasan, Motilal, & Umaharan (2016), tipe kawin A2 merupakan tipe kawin yang paling banyak ditemukan di dunia. Isolat yang diisolasi dari Pakuwon ini kemungkinan berasal dari tipe kawin yang sama, hal ini terbukti dari hasil pengujian dengan menumbuhkan dua isolat dalam satu petri yang sama tidak menunjukkan adanya pembentukan oospora (Tabel 1).



Gambar 3. Laju pertumbuhan isolat *P. palmivora* asal Pakuwon pada media PDA

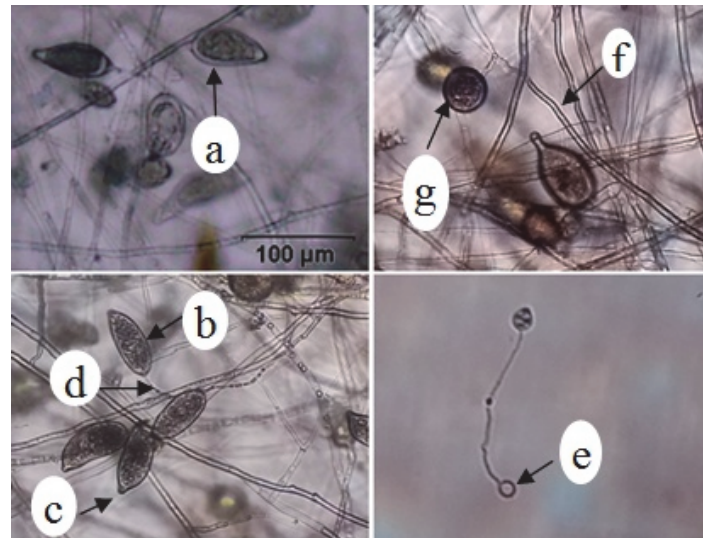
Figure 3. Growth rate of collected isolates grown in PDA medium

Tabel 1. Hasil uji reproduksi seksual antar isolat *P. palmivora* asal Pakuwon
Table 1. The results of sexual reproduction test among *P. palmivora* isolates originated from Pakuwon

Perkawinan antar isolat*	Pembentukan oospora
PPkw1 x PPkw2	Tidak terbentuk
PPkw1 x PPkw3	Tidak terbentuk
PPkw2 x PPkw3	Tidak terbentuk

Keterangan: *dalam media CMA

Notes: * in CMA medium



Gambar 4. Karakter morfologi *P. palmivora* isolat asal Pakuwon: (a) sporangium bentuk *ovoid*, (b) sporangium bentuk *ellipsoid*, (c) papila, (d) sporangiofor, (e) zoospora berkecambah, (f) hifa hialin, dan (g) klamidospora (mikroskop pembesaran 200x)

Figure 4. Morphological characters of *P. palmivora* collected isolates: (a) ovoid form, (b) ellipsoid form, (c) papilla, (d) sporangiophore, (e) germinating zoospores, (f) hyaline hyphae, and (g) chlamydospores (microscope magnified 200x)

Tabel 2. Karakter hifa dan klamidospora *P. palmivora* isolat asal Pakuwon
Table 2. Hyphae and chlamydospore characters of *P. palmivora* originated from Pakuwon

Isolat	Diameter hifa (µm)	Diameter Klamidospor (µm)
PPkw1	6,3 (5,0-7,3)	42,5 (35,5-53,8)
PPkw2	6,2 (5,0-7,3)	39,0 (27,0-49,0)
PPkw3	5,6 (5,0-6,3)	43,2 (30,9-49,2)

Keterangan: Nilai dalam kurung menunjukkan nilai minimum – maksimum

Notes: Numbers in parentheses indicate the minimum – maximum value

Mikromorfologi Isolat *P. palmivora*

Hasil pengamatan di bawah mikroskop diketahui bahwa ke tiga isolat memiliki hifa yang tidak bersekat, memproduksi sporangia dengan papila di ujungnya, dan klamidospora berdinding tebal dengan bentuk bulat tumbuh di ujung (*terminal*) atau di tengah hifa (*intercalar*) (Gambar 4).

Hifa ke tiga isolat berbentuk tabung memanjang dan bercabang dengan warna hialin.

Diameter hifa rata-rata 5,6 – 6,3 µm dengan diameter minimum 5,0 µm dan maksimum 7,3 µm (Tabel 2). Klamidospora berbentuk bulat berdiameter 39,0 – 43,2 µm dengan diameter minimum 27,0 µm dan maksimum 53,8 µm. Ukuran klamidospora *P. palmivora* isolat Pakuwon tidak jauh berbeda dengan yang dilaporkan oleh Komalasari *et al.* (2018).

Tabel 3. Panjang, lebar, dan rasio p/l sporangia *P. palmivora* isolat asal Pakuwon
Table 3. Length, breadth, and ratio p/l of sporangia isolates of *P. palmivora* originated from Pakuwon

Isolat	Panjang (p) (maks-min) (μm)	Lebar (l) (maks-min) (μm)	Rasio p/l	Panjang sporangiofor (μm)	Panjang Papila (maks-min) (μm)	Bentuk sporangia
PPkw1	60,1* (37,8-79,0)	32,9 (27,5-40,1)	1,8 (1,1-2,5)	57,2 (12,0-165,0)	8,2 (5,0-17,4)	Ovoid, obpyriform, ellipsoid, subsperic
PPkw2	58,7 (49,8-72,2)	30,9 (26,4-37,3)	1,9 (1,4-2,4)	28,8 (10,0-63,0)	6,1 (3,5-9,0)	Ovoid, obpyriform, ellipsoid, irregular
PPkw3	56,6 (39,1-72,7)	30,4 (24,4-39,1)	1,9 (1,3-2,6)	39,3 (22,0-88,0)	6,2 (3,9-10,6)	Ovoid, ellipsoid, irregular

Keterangan: *Angka rata-rata dari 30 sporangia. Nilai dalam kurung adalah nilai minimum – maksimum

Note: *Average numbers of 30 sporangia. Numbers in parentheses indicate the minimum – maximum value

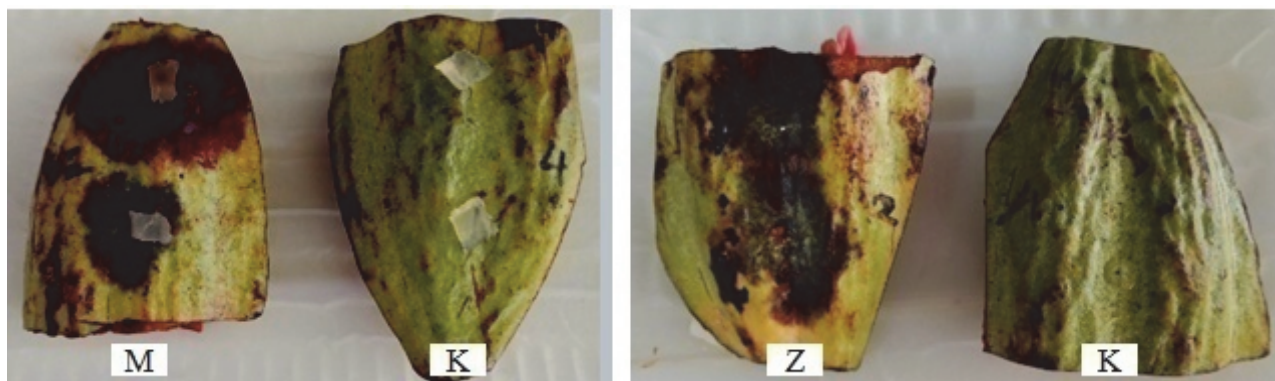
P. palmivora isolat Pakuwon menghasilkan sporangia dengan bentuk yang beragam yaitu ada yang ovoid, ellipsoid, subsperic, obpyriform, dan irregular (Tabel 3). Papila terlihat jelas pada ujung sporangia dengan panjang rata-rata 6,8 μm . Ukuran sporangium bervariasi baik panjang dan lebarnya. Isolat PPkw1 mempunyai panjang sporangia 37,8– 79,0 μm , lebar 27,5 – 40,1 μm , dengan rasio p/l 1,1 – 2,5. Isolat PPkw2 memiliki panjang sporangia 49,8 – 72,2 μm , lebar 26,4 – 37,3 μm , dengan rasio p/l 1,4 – 2,4. Pada isolat PPkw3, panjang sporangia 39,1 – 72,7 μm , lebar 24,4 – 39,1 μm , dengan rasio p/l 1,3 – 2,6. Ketiga isolat memiliki sporangiofor dengan panjang rata-rata 41,8 μm . Penelitian lain melaporkan bahwa *P. palmivora* memiliki sporangia dengan bentuk yang beragam yaitu obpyriform, globose, ellipsoid, ovoid dan terdistorsi dengan ukuran panjang 30,8 – 65,5 μm , lebar 21,9 – 46,5 μm , rasio p/l 1,3 – 1,8, dan panjang papila 3,3 – 12,6 μm (Maora, 2008; Komalasari *et al.*, 2018). Hasil identifikasi secara morfologi terhadap isolat asal Pakuwon juga tidak berbeda jauh dengan karakter morfologi *P. palmivora* isolat asal Colombia (Rodríguez-Polanco, Morales, Muñoz-Agudelo, Segura, & Carrero, 2020).

Patogenisitas *P. palmivora*

Potongan miselia dan suspensi zoospora merupakan propagul *P. palmivora* yang dapat digunakan sebagai sumber inokulum untuk uji patogenisitas. Kedua propagul tersebut mampu menyebabkan gejala busuk pada buah kakao. Gejala busuk buah mulai terlihat pada 2 hsi berupa bercak kecil kehitaman yang semakin membesar seiring bertambahnya waktu (Gambar 5). Hasil pengamatan gejala busuk buah pada 3 hsi menunjukkan bahwa isolat PPkw1 menimbulkan luas gejala terbesar yaitu 30,0 mm^2 , kemudian diikuti oleh

isolat PPkw3 dan PPkw2 masing-masing dengan luas gejala 21,8 dan 21,3 mm^2 (Tabel 4). Pada buah yang diinokulasi dengan zoospora, gejala busuk buah terbesar terjadi pada buah yang diinokulasi dengan isolat PPkw2 dengan luas gejala 20,1 mm^2 , diikuti oleh isolat PPkw1 dan PPkw3 dengan luas gejala masing-masing 12,5 dan 9,3 mm^2 . Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa gejala busuk pada buah yang diinokulasi dengan potongan miselia lebih luas dibandingkan dengan yang diinokulasi dengan zoospora. Luas gejala yang lebih kecil pada buah yang diinokulasi zoospora kemungkinan karena konsentrasi yang digunakan pada penelitian ini terlalu rendah (10^3 zoospora/ml). Adapun pada penelitian lain inokulasi dengan menggunakan konsentrasi 10^7 zoospora/ml yang dilarutkan pada agar air 0.4% lebih efektif dalam menimbulkan gejala dibandingkan dengan inokulasi menggunakan potongan agar miselia (Duran, Suarez, Polanco, Gutierrez, Rojas, & Yockteng, 2020). Bila mempertimbangkan karakter dan proses infeksi inokulum, suspensi zoospora lebih mendekati kondisi alami, karena infeksi pada buah diinisiasi oleh zoospora dan sporangia.

Proses terjadinya penyakit busuk buah diawali dengan menempelnya sporangia pada buah, kemudian berkecambah secara langsung atau pada saat terdapat lapisan air sporangia akan mengeluarkan zoospora. Zoospora kemudian berkembang membentuk cyst yang selanjutnya berkecambah membentuk tabung kecambah dan melakukan penetrasi ke dalam jaringan buah. *P. palmivora* bersifat heterotrop, dimana pada awal infeksi bersifat biotrof yaitu membutuhkan sel/jaringan hidup sebagai sumber nutrisi. Selanjutnya bersifat nekrotrof ditandai dengan terbentuknya nekrosis, pertumbuhan hifa, sporangia, dan kladidospor pada jaringan tanaman (Le Fevre, O'Boyle, Moscou, Schornack, & Le Fevre, 2016; Carella, Gogleva, Tomaselli, Alfs, & Schornack, 2018).



Gambar 5. Gejala busuk pada buah kakao 3 hari setelah inoculasi (hsi). (M) diinokulasi dengan miselium, (Z) diinokulasi dengan zoospora, dan (K) kontrol

Figure 5. Rot symptoms at 3 days after inoculation (dai). (M) inoculated by mycelium, (Z) inoculated by zoospores, and (K) control

Tabel 4. Patogenisitas *P. palmivora* isolat asal Pakuwon
Table 4. Pathogenicity of *P. palmivora* isolates originated from Pakuwon

Isolat	Luas gejala (mm ²) setelah 3 hari diinokulasi	
	Miselium	Zoospora
PPkw1	30,0 ± 2,6 a	12,5 ± 3,0 b
PPkw2	21,3 ± 2,6 b	20,1 ± 1,4 a
PPkw3	21,8 ± 1,8 b	9,3 ± 2,4 b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%
Notes: Numbers followed by the same letter in the same colomn are not significantly different according to DMRT test at 5% levels

Hasil penelitian ini perlu dikembangkan lebih lanjut untuk mengetahui virulensi isolat asal Pakuwon terhadap klon atau varietas kakao yang berbeda. Informasi tipe kawin *P. palmivora* asal Pakuwon masih perlu dikaji lebih lanjut dengan membandingkan dengan isolat standar yang sudah diketahui tipe kawinnya.

KESIMPULAN

Isolat *P. palmivora* asal Pakuwon memproduksi sporangia dengan bentuk yang beragam, berukuran panjang 5,6 – 60,1 µm dan lebar 30,4 – 32,9 µm, serta papila terlihat jelas pada ujungnya. Hifa dan klamidospora isolat *P. palmivora* asal Pakuwon masing-masing memiliki diameter 5,6 – 6,3 µm dan 39,0 – 43,2 µm. Ketiga isolat *P. palmivora* yang diisolasi dari Kebun Percobaan Pakuwon, Sukabumi diduga berasal dari satu tipe kawin yang sama, namun masih belum jelas dari tipe kawin A1 atau A2. Perbedaan patogenisitas kemungkinan berhubungan dengan kecepatan tumbuh dan kemampuan isolat dalam mengkolonisasi jaringan tanaman. Inokulasi menggunakan potongan miselium menghasilkan bercak lebih besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih diucapkan pada Dr. Alina Akhdia, Ketua Kelompok Peneliti Biokimia, BB Biogen atas izin penggunaan sarana laboratorium, serta Ade Akhmad yang membantu selama kegiatan berlangsung.

KONTRIBUSI PENULIS

1. Wartono (Kontributor Utama)
2. Efi Taufik (Kontributor Anggota).

DAFTAR PUSTAKA

- Bowers, J. H., Bailey, B. A., Hebbar, P. K., Sanogo, S., & Lumsden, R. D. (2001). The impact of plant diseases on world chocolate production. *Plant Health Progress*, 1650–1653.
- Carella, P., Gogleva, A., Tomaselli, M., Alfs, C., & Schornack, S. (2018). *Phytophthora palmivora* establishes tissue-specific intracellular infection structures in the earliest divergent land plant lineage. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 115, E3846–E3855.

- Chan, L.G. & Kwee, L. T. (1986). Comparative invitro sensitivity of selected chemicals on *Phytophthora palmivora* from cocoa and durian. *Pertanika*, 9(2), 183–191.
- de Oliveira, T.A.S., Blum, L.E.B., Duarte, E.A.A., Moreira, Z.P.M., & Luz, E. D. M. N. (2016). Variability of aggressiveness and virulence of *Phytophthora palmivora* influencing the severity of papaya fruit rot in postharvest in Bahia, Brazil. *Cientifica, Jaboticabal*, 44(2), 185–195.
- Duran, P.D., Suarez, M.S., Polanco, L.R., Gutierrez, M.C., Rojas, E.T., & Yockteng, R. (2020). A new method for the inoculation of *Phytophthora palmivora* (Butler) into cacao seedlings under greenhouse conditions. *Plant Methods*, 16(114), 7 p.
- Fauzan, A., Lubis, L., & Pinem, M. I. (2013). Keparahan penyakit busuk buah kakao (*Phytophthora palmivora* (Butl.) pada beberapa perkebunan kakao rakyat yang berbeda naungan di Kabupaten Langkat. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 1(3), 374–384. <https://doi.org/10.32734/jaet.v1i3.2558>
- Harni, R., Amaria, W., Khaerati, K., Taufiq, E. (2016). Isolasi dan seleksi jamur endofit asal tanaman kakao sebagai agens hayati *Phytophthora palmivora* Butl.. *J.TIDP*, 3(3), 141–150. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21082/jtidp.v3n3.2016.p141-150>
- Harni, R., Khaerati, K., Noveriza, R., Yuliani, S. (2020). Efektivitas nanoemulsi minyak serai wangi terhadap *Phytophthora palmivora* Butl. patogen busuk buah kakao. *J.TIDP*, 7(3), 127–136. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21082/jtidp.v7n3.2020.p127-136>
- Hortus. (2020). Produksi kakao nasional terus merosot. Retrieved from <https://news.majalahhortus.com/produksi-kakao-nasional-terus-merosot/>.
- Hung, P.M., Wattanachai, P., Kaysem, S., & Poaim, S. (2015). Biological control of *Phytophthora palmivora* causing root rot of Pomelo using *Chaetomium* spp. *Mycobiology*, 43(1), 63–70. <https://doi.org/10.5941/MYCO.2015.43.1.63>
- Kellam, M.K. & Zentmyer, G. A. (1986). Morphological, physiological, ecological, and pathological comparison of *Phytophthora* species isolated from Theobroma cacao. *Phytopathology*, 76(2), 159–164.
- Kementerian Perindustrian. (2013). Industri kakao mampu meningkatkan devisa negara. Retrieved from <https://kemenperin.go.id/artikel/7454/Industri-Kakao-Mampu-Meningkatkan-Devisa-Negara>. April 2014.
- Komalasari, I., Suryanti, & Hadisutrisno, B. (2018). Identification of the causal agent of cocoa pod rot disease from various locations. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 22(1), 13–19. <https://doi.org/10.22146/jpti.24728>
- Le Fevre, R., O'Boyle, B., Moscou, M., Schornack, S., & Le Fevre, R. (2016). Colonization of barley by the broad-host hemibiotrophic pathogen *Phytophthora palmivora* uncovers a leaf development-dependent involvement of Mlo. *MPMI*, 29, 385–395.
- Manohara, D., Mulya, K., Wahyuno, D. (2004). *Phytophthora* disease on black pepper and the control measures. *Focus on Pepper*, 1, 37–49.
- Maora, S. J. (2008). *Diversity of Phytophthora palmivora on Cocoa in Papua New Guinea*. University of Sydney, Sydney, Australia.
- Meng, Y., Qiang, Z., Ding, W., Shan, W. (2014). *Phytophthora parasitica*: a model oomycete plant pathogen. *Mycology*, 5(2), 43–51. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1080/21501203.2014.917734>
- Perrine-Walker, F. (2020). *Phytophthora palmivora* – cocoa interaction. *J. Fungi*, 6, 167. <https://doi.org/10.3390/jof6030167>.
- Purwantara, A. (2008). Infection of *Phytophthora palmivora* from soil in cocoa Plantation. *Pelita Perkebunan*, 24(3), 205–218.
- Ratnada, M. (2019). *Pengendalian Penyakit Busuk Buah Kakao*. Retrieved from <http://ntt.litbang.pertanian.go.id/index.php/program-litbang/program-2019/702-pengendalian-penyakit-busuk-buah-kakao>.
- Rodríguez-Polanco, E., Morales, J.G., Muñoz-Agudelo, M., Segura, J.D., & Carrero, M. L. (2020). Morphological, molecular and pathogenic characterization of *Phytophthora palmivora* isolates causing black pod rot of cacao in Colombia. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 18(2), 15p. <https://doi.org/10.5424/sjar/2020182-15147>.

- Rosmana, A., Sahrani, E., Saharuddin, W., & Junaid, M. (2010). Komparasi penggunaan *Trichoderma* dengan fungisida sintetis untuk mengendalikan penyakit busuk buah *Phytophthora* kakao. *Fitomedika*, 6, 22–25.
- Rubiyo, Purwantara, A., & Sudarsono. (2010). Ketahanan 35 klon kakao terhadap infeksi *Phytophthora palmivora* butl. berdasarkan uji detached pod. *Jurnal Littri*, 16(4), 172–178.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21082/jlittri.v16n4.2010.172-178>
- Rubiyo, & Amaria, W. (2013). Ketahanan tanaman kakao terhadap penyakit busuk buah (*Phytophthora palmivora* Butl.). *Perspektif*, 12(1), 23–36.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21082/p.v12n1.2013.%25p>
- Surujdeo-Maharaj, S., Sreenivasan, T.N., Motilal, L.A., & Umaharan, P. (2016). Black pod and other *Phytophthora* induced diseases of cacao: History, biology, and control. In L. Bailey, B., Meinhardt (Ed.), *In Cacao Diseases. A History of Old Enemies and New Encounters*, (1st ed, pp. 213–266). Cham, Switzerland: Springer International Publishing.
- Wahyuno, D., Manohara, D., & Susilowati, D. N. (2007). Variasi morfologi dan virulensi *Phytophthora capsici* asal lada. *Buletin Plasma Nutfah*, 13, 70–81.
- Wartono, & Kirana, R. (2020). Karakterisasi morfologi *Phytophthora* asal cabai dan seleksi ketahanan enam genotipe Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*) terhadap penyakit busuk akar. *J. Berkala Penelitian Agronomi*, 8(2), 25–32.
<https://doi.org/dx.doi.org/10.33772/agronomi>.

MITRA BESTARI
JURNAL TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR
VOLUME 8 NOMOR 1 2021

Prof. (R). Dr. Supriadi, M.Sc.

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Fitopatologi

Prof. Dr. Ir. Sutrisno, M.Agr.

Institut Pertanian Bogor
Pascapanen Pertanian

Prof. (R). Dr. Ir. Joni Munarso, M.S.

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pasca Panen Pertanian
Teknologi Pascapanen

Dr. Ir. Dono Wahyuno

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Fitopatologi

Ir. Octivia Trisilawati, M.Sc

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Budidaya Tanaman

Dr. Ir. Joko Pitono

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Budidaya Tanaman

Prof. (R). Dr. Ir. Fahmuddin Agus, M.Sc

Balai Penelitian Tanah
Konservasi Tanah dan Air

KETENTUAN PENULISAN NASKAH

JURNAL TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR

CAKUPAN

Jurnal Tanaman Industri Dan Penyegar (JTIDP) adalah *peer-reviewed open access* jurnal yang menerbitkan hasil penelitian tanaman industri (karet, makadamia, iles-iles, kemiri, melinjo, kemiri sunan) dan tanaman penyegar (kopi, kakao, teh, asam, cola) yang belum pernah dipublikasikan sebelumnya.

Lingkup **Jurnal Tanaman Industri Dan Penyegar (JTIDP)** adalah:

1. Lingkup bidang ilmu/keilmuan: Pertanian Mikrobiologi, Sosial-Ekonomi Pertanian, Agronomi, Bioteknologi Tanaman, Pemuliaan Tanaman, Perlindungan Tanaman, Fisiologi Tanaman, Ilmu Tanah, Teknologi Benih
2. Lingkup tanaman komoditas utama: karet, kopi, kakao, teh, kemiri sunan
3. Lingkup tanaman komoditas sekunder: makadamia, melinjo, asam, iles-iles, kola, kemiri

PENGAJUAN NASKAH

Naskah yang diajukan belum pernah diterbitkan atau tidak sedang dalam proses evaluasi publikasi lain, telah mendapat persetujuan dari tim penulis sebagai pihak yang sama-sama bertanggung jawab terhadap naskah. Naskah dikirim melalui portal *Open Journal System* dengan alamat:

<http://ejurnal.litbang.pertanian.go.id/index.php/bultri>

Pengiriman naskah disertai surat pengantar dari kepala unit dan *Ethical Statement*, serta *Copyright Transfer Agreement* jika naskah disetujui terbit.

PENYIAPAN NASKAH

Naskah: Ditulis dalam Bahasa Indonesia atau Bahasa Inggris, diketik pada kertas HVS ukuran A4 dengan jarak 2 spasi, dalam format *Microsoft Office Word*, jenis dan ukuran font *Times New Roman* 12, dan disarankan tidak lebih dari 20 halaman. Susunan naskah terdiri dari: Judul, Nama dan Institusi Penulis, Abstrak dan Kata kunci, *Abstract* dan *Keywords*, Pendahuluan, Bahan dan Metode, Hasil dan Pembahasan, Kesimpulan, Ucapan Terimakasih (apabila diperlukan), dan Daftar Pustaka.

Judul: Ringkas, jelas, menggambarkan isi dan substansi tulisan, tidak lebih dari 15 kata, ditulis dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris dengan huruf kapital.

Nama dan Institusi Penulis: Nama penulis ditulis lengkap tanpa gelar, penulis pertama adalah penulis utama. Nama dan alamat institusi ditulis lengkap untuk penulis pertama, kedua, ketiga, dan seterusnya, serta dilengkapi alamat email penulis korespondensi dan diberikan tanda *.

Abstrak: Merupakan intisari dari seluruh tulisan, memuat masalah, tujuan, metode (dilengkapi tempat dan waktu), dan hasil penelitian. Ditulis satu paragraf dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris serta tidak lebih dari 250 kata.

Kata kunci: Kata yang mewakili isi naskah, dapat berupa kata tunggal atau majemuk, terdiri atas tiga sampai dengan lima kata, dan ditulis dalam Bahasa Indonesia serta Bahasa Inggris

Pendahuluan: Memuat latar belakang, perumusan masalah, tujuan, dan sitasi pustaka yang relevan.

Bahan dan Metode: Memuat uraian tentang tempat dan waktu, bahan, tahapan pelaksanaan, dan metode analisis yang digunakan.

Hasil dan Pembahasan: Hasil yang dikemukakan relevan dengan permasalahan dan tujuan penelitian, serta metode dan peubah yang digunakan. Pembahasan ditulis dengan ringkas, fokus pada interpretasi dari hasil yang diperoleh, dan bukan merupakan pengulangan dari bagian hasil.

a. Tabel: Tabel diberi judul singkat tetapi jelas dengan keterangan dan sumber secukupnya sehingga disajikan secara mandiri. Semua simbol, istilah, dan singkatan dalam tabel harus dijelaskan pada keterangan. Tiap tabel diberi nomor secara berurutan dan diulas di dalam naskah. Judul, keterangan, dan sumber ditulis dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris.

b. Gambar dan foto: Tiap gambar dan foto diberi nomor secara berurutan dan diulas dalam naskah. Semua simbol dan singkatan harus dijelaskan. Judul, keterangan, dan sumber ditulis dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris. Resolusi gambar dan foto disarankan tidak lebih dari 300 dpi dengan kualitas normal.

c. Grafik dan diagram: Grafik dan diagram dibuat dengan garis yang cukup tebal sehingga memungkinkan penciutan dalam proses pencetakan. Tiap grafik dan diagram diberi nomor secara berurutan dan diulas dalam naskah. Semua simbol, istilah, dan singkatan harus dijelaskan. Judul, keterangan, dan sumber ditulis dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris.

Kesimpulan: Uraian singkat dalam bentuk kalimat utuh yang menjawab tujuan dan permasalahan penelitian, bila perlu dilengkapi dengan saran atau implikasi.

Ucapan Terima Kasih: Ditujukan kepada pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan kegiatan atau pendanaan.

Kontribusi Penulis: Menjelaskan kontribusi penulis pada tulisan ini dengan menyebutkan pembagian porsi masing-masing penulis sebagai kontributor utama atau kontributor anggota.

Daftar Pustaka: Jumlah pustaka minimal sepuluh dan 80% berasal dari sumber acuan primer, serta dianjurkan terbitan lima tahun terakhir. Penyusunan daftar pustaka wajib menggunakan aplikasi manajemen referensi seperti *Mendeley* atau *Endnote*. Daftar pustaka disusun secara alfabetis, nama penulis yang sama ditulis lengkap dan disusun berdasarkan tahun terbit. Penulisan daftar pustaka dan sitasi dalam naskah mengacu pada *American Psychological Association 6th edition (APA) style*. Penjelasan cara penulisan daftar pustaka dan sitasi dapat diunduh di <http://balittri.litbang.pertanian.go.id/index.php/publikasi/category/58-ketentuan-penulisan>

Contoh penulisan sitasi:

1. Satu atau dua orang penulis
Herman & Pranowo (2013)
2. Nama penulis 3 sampai 5, nama belakang untuk semua penulis ditulis pada saat pertama kali, selanjutnya hanya nama belakang penulis pertama diikuti *et al.*
Waller, Bigger, Hillocks, & Ruth (2007)
Waller *et al.* (2007)
3. Nama penulis 6 atau lebih, hanya nama belakang penulis pertama diikuti *et al.*
Karmawati *et al.* (2010)
4. Sitasi lebih dari satu pernyataan disusun berdasarkan tahun terbit.
(Midgarden & Lira, 2006; Martono *et al.*, 2013)
5. Nama penulis yang sama dalam tahun yang sama dengan publikasi berbeda dibubuhi huruf (a,b,c, dan seterusnya) pada tahun publikasi.
(Widyotomo, 2012a; Widyotomo, 2012b)

Contoh penulisan daftar pustaka:

Artikel Jurnal

Herman, M., & Pranowo, D. (2013). Pengaruh mikroba pelarut fosfat terhadap pertumbuhan dan serapan hara P benih kakao (*Theobroma cacao* L.). *Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri*, 4(2), 129–138.

Buku

Karmawati, E., Mahmud, Z., Syakir, M., Ardana, I. K., Munarso, J., & Rubiyo. (2010). *Budidaya dan pasca panen kakao* (p. 92). Bogor: Badan Litbang Pertanian.

Artikel dalam buku

Wardiana, E. (2012). Pengembangan konsep interaksi genotipe dengan lingkungan (GxE) untuk mendukung rantai nilai kopi. In Rubiyo, Syafaruddin, B. Martono, R. Harni, U. Daras, & E. Wardiana (Eds.), *Bunga Rampai: Inovasi Teknologi Tanaman Kopi untuk Perkebunan Rakyat* (pp. 35–46). Sukabumi: Unit Penerbitan dan Publikasi Balittri.

Disertasi / Tesis / Skripsi

Milly, P. J. (2003). *Antimicrobial properties of liquid smoke fractions* (Master's Thesis, University of Georgia, Athens, Georgia).

Naskah Prosiding

Martono, B., Rubiyo, Rudi, T. S., & Udarno, M. L. (2013). Seleksi pohon induk kopi excelsa. In *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Kopi: Peran Inovasi Teknologi Kopi Menuju Green Economy Nasional* (pp. 43–46). Bogor, 28 Agustus 2013.

Naskah Online

Garson, G. D. (2008). *Path analysis*. Retrieved from <http://www2.faculty.chass.ncsu.edu/garson/pa765/path.htm>.

Contoh penampilan tabel:

Tabel 1. Pengaruh berbagai jenis tanaman penayang terhadap persentase tanaman berbuah tanaman kopi Arabika umur 9 bulan

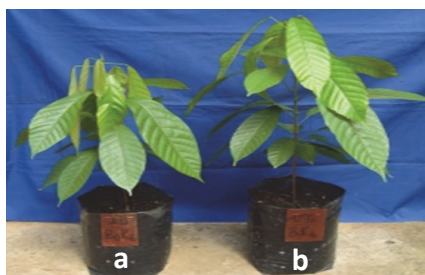
Table 1. Effect of various shading trees on percentage of fruit set of coffee at 9 months old

Jenis tanaman penayang	Intensitas cahaya matahari (%)	Tanaman berbuah (%)
Ceremai	80	30,56 a
Belimbing wuluh	66	22,22 a
Kayumanis	78	16,67 a
Gliricidia	34	83,34 b
KK (%)	-	42,82

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji Tukey taraf 5%

Notes : Numbers followed by the same letter in the same column are not significantly different at Tukey test 5% level

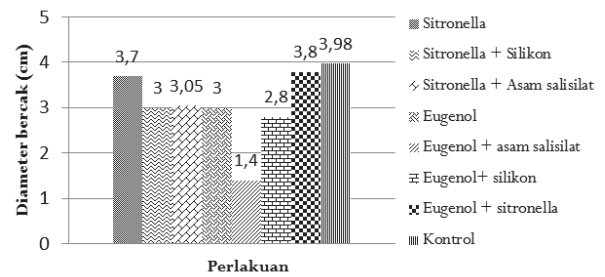
Contoh penampilan gambar/foto:



Gambar 1. Pertumbuhan bibit kakao hibrida: (a) tanpa perlakuan dan (b) perlakuan benih dengan media tanam

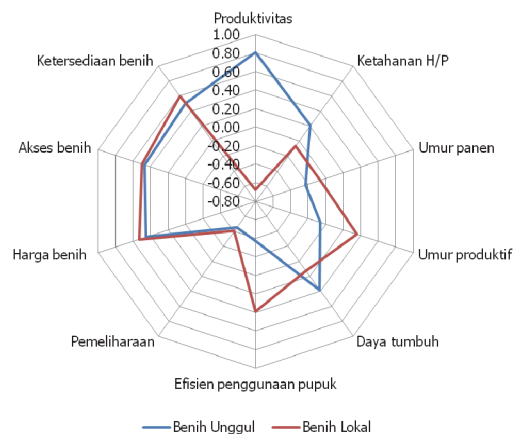
Figure 1. Growth of hybrid cacao seedlings: (a) without treatment and (b) with seed treatment and planting medium

Contoh penampilan grafik/diagram:



Gambar 1. Pengaruh formula fungisida nabati eugenol dan sitronella terhadap diameter bercak *P. palmivora* pada buah kakao

Figure 1. The effect of eugenol and citronella botanical fungicides to colony diameter of *P. palmivora* on cocoa pods



Gambar 1. Peta persepsi petani terhadap atribut benih unggul dan benih lokal

Figure 1. Farmer's perception map for superior and local coffee seed attributes

